

Nachhaltigkeitscontrolling in der Siedlungswasserwirtschaft - Analyse der Wirkungsbeziehungen systemischer Risiken

Sustainability Controlling for Urban
Water Systems – Analysis of the
Interlinkage of Systemic Risks

Dem Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
der Technischen Universität Darmstadt
vorgelegte

Masterthesis

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science Umweltingenieurwissenschaften (M. Sc.)

von
A. William Schreiber Madrid

Matrikelnummer 1485268

Betreuender Prof.: Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Wilhelm Urban
Betreuender Assistent: Dipl.-Ing. Michael Eller

Tag der schriftlichen Einreichung: 03.08.2015



Creative Commons Lizenzvertrag
Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons
Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine
Bearbeitungen 3.0 Deutschland Lizenz.

Aufgabenstellung

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	iii
Inhaltsverzeichnis	vii
Abbildungsverzeichnis	xii
Tabellenverzeichnis	xiii
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	xviii
1.Einführung	1
1.1. Einleitung	1
1.2. Gegenstand und Zielsetzung dieser Arbeit	3
1.3. Formaler Aufbau dieser Arbeit	5
2.Theorie und Grundlagen	6
2.1. Begriff der Nachhaltigkeit und der nachhaltigen Entwicklung	6
2.2. Nachhaltigkeit in der Siedlungswasserwirtschaft	11
2.3. Die NaCoSi Nachhaltigkeitsziele	14
2.4. Risikobegriff	16
2.5. Risikomanagement	17
2.6. Risikoverständnis im NaCoSi Projekt	22
2.7. Modell-, Simulation-, und Szenariobegriff	23
2.8. Definition und formale Darstellung eines Netzwerks	24
2.9. Netzwerktheorie und Netzwerkanalyse	25
2.10. Systembegriff	27
2.11. Systemtheorie und Kybernetik	28
2.12. Die Methode System Dynamics	29
2.13. Die Methode der Einflussmatrix oder Papiercomputer	31
2.14. Das Verhältnis von Netzwerk und System	33
2.15. Verwendete Software	37
3.Methodik	39
3.1. Allgemeines	39
3.2. Netzwerkanalyse	44
3.2.1. Dichte eines gerichteten Graphen	45
3.2.2. Zentralitätsmaß: Grad eines Knoten (Degree)	47
3.2.3. Zentralitätsmaß: Nähebasierte Zentralität (Closeness)	49
3.2.4. Zentralitätsmaß: Betweenness	51
3.2.5. Widersprüche und Zentralitätsanomalien in der Netzwerkanalyse	52
3.3. Einflussmatrix und System Dynamics	54

4.Anwendung.....	58
4.1. Allgemeines.....	58
4.2. Netzwerkanalyse.....	59
4.2.1. Trinkwasserversorgungssystem.....	60
4.2.2. Abwasserbeseitigungssystem.....	75
4.3. Einflussmatrix.....	95
4.3.1. Trinkwasserversorgungssystem.....	97
4.3.2. Abwasserbeseitigungssystem.....	114
4.3.3. Gegenüberstellung der binären und der unternehmensspezifischen Systeme.....	136
4.4. Verhaltensanalyse des Systems mittels qualitatives System Dynamics und Systemarchetypen.....	138
4.4.1. Trinkwasserversorgungssystem.....	139
4.4.2. Abwasserbeseitigungssystem.....	141
4.5. Gegenüberstellung der Netzwerkanalyse und der qualitativen systemisch-kybernetischen Analyse.....	144
5.Schlussbetrachtung.....	147
5.1. Diskussion der Ergebnisse.....	147
5.2. Validität der Untersuchungen.....	149
5.3. Zusammenfassung.....	153
5.4. Fazit.....	155
5.5. Forschungsausblick.....	157
Literaturverzeichnis.....	159
Rechtsverzeichnis.....	164
Anhang.....	165
A Elemente der Modelle.....	165
B Risikobeziehungen und Risikohöhen.....	170
C Metriken der Netzwerkanalyse des Trinkwasserversorgungssystems.....	179
D Metriken der Netzwerkanalyse des Abwasserbeseitigungssystems.....	190
E Darstellung des Wirkungsgeflechts der Trinkwasserversorgung.....	203
F Darstellung des Wirkungsgeflechts der Abwasserbeseitigung.....	204
G Metriken der Einflussmatrix für das Trinkwasserversorgungssystem.....	205
H Metriken der Einflussmatrix für das Abwasserbeseitigungssystem.....	212
I Aggregierte Risikohöhen im Trinkwasserversorgungssystem.....	223

J Aggregierte Risikohöhen im Abwasserbeseitigungssystem.....	225
Eidesstattliche Erklärung.....	230

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Pure und bedingte Nachhaltigkeit nach dem Traditionellen Konzept der Nachhaltigkeit (Grambow, 2012, S. 49 nach Lehn, Renn, & Steiner, 1999).....	9
Abbildung 2:	Ein-Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit (Grambow, 2012, S. 50 nach Williams, et al., 2003).....	9
Abbildung 3:	„Starke“ Nachhaltigkeit (schraffiert) (Grambow, 2012).....	10
Abbildung 4:	Nachhaltigkeitsziele eingeteilt nach ihrer Dimension (Eller, et al., 2014).....	15
Abbildung 5:	Beispielhafte Darstellung für einen Risikomanagementprozess (Deutsche Gesellschaft für Risikomanagement e.V., 2008, S. 170).....	18
Abbildung 6:	Beispielhafte Darstellung einer Risk-Map oder Risikoportfolio (Reichling, Bietke, & Henne, 2007, S. 233).....	20
Abbildung 7:	Beispielhafte Risikomatrix (Brauweiler, 2015, S. 10).....	21
Abbildung 8:	Oben: Verständnis der Risikohöhe im NaCoSi Projekt.....	40
Abbildung 9:	Oben: Multiple quasi Beziehungen (gestrichelt).....	41
Abbildung 10:	links binäre und rechts gewichtete Matrix.....	43
Abbildung 11:	Visualisierung der Ergebnisse der Einflussmatrix (Brand, 2013, S. 81).....	56
Abbildung 12:	Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Trinkwasserversorgungssystems.....	97
Abbildung 13:	Rollenverteilung der Elemente im Trinkwasserversorgungssystem.....	101
Abbildung 14:	Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens A im Trinkwasserversorgungssystem.....	103
Abbildung 15:	Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen A im Trinkwasserversorgungssystem.....	106
Abbildung 16:	Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens B im Trinkwasserversorgungssystem.....	108
Abbildung 17:	Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen B im Trinkwasserversorgungssystem.....	111
Abbildung 18:	Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Abwasserbeseitigungssystems.....	114
Abbildung 19:	Rollenverteilung der Elemente im Abwasserbeseitigungssystem.....	118
Abbildung 20:	Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens C im Abwasserbeseitigungssystem.....	120
Abbildung 21:	Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen C im Abwasserbeseitigungssystem.....	123

Abbildung 22: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens D im Abwasserbeseitigungssystem.....	125
Abbildung 23: Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen D im Abwasserbeseitigungssystem.....	128
Abbildung 24: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens E im Abwasserbeseitigungssystem.....	130
Abbildung 25: Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen E im Abwasserbeseitigungssystem.....	133
Abbildung 26: Modell des Trinkwasserversorgungssystems ohne Ursachen mit NodeXL erstellt.....	139
Abbildung 27: Ursache-Wirkungs-Diagramm der Ursache "Trinkwasserverbrauch -".....	140
Abbildung 28: Modell des Abwasserbeseitigungssystems ohne Ursachen mit NodeXL erstellt.....	142
Abbildung 29: Ursache-Wirkungs-Diagramm der Ursache "Änderung der Rechtslage".....	143
Abbildung 30: Wirkungsgeflecht der Trinkwasserversorgung mit NodeXL erstellt.....	203
Abbildung 31: Wirkungsgeflecht der Abwasserbeseitigung mit NodeXL erstellt.....	204

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ranking nach höchstem Outdegree im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 65 Anhang C).....	61
Tabelle 2:	Ranking nach höchstem Indegree im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 66 Anhang C).....	62
Tabelle 3:	Ranking nach höchstem Outcloseness im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 67 Anhang C).....	63
Tabelle 4:	Ranking nach höchstem Incloseness im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 68 Anhang C).....	64
Tabelle 5:	Ranking nach höchstem Betweenness im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 69 Anhang C).....	65
Tabelle 6:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens A (basiert auf Tabelle 61 Anhang B).....	66
Tabelle 7:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens A (basiert auf Tabelle 62 Anhang B).....	67
Tabelle 8:	Ranking nach der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens A (Ausschnitt der Tabelle 84 Anhang I).....	68
Tabelle 9:	Ranking nach der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens A (basiert auf Tabelle 62 Anhang B).....	68
Tabelle 10:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens B (basiert auf Tabelle 61 Anhang B).....	71
Tabelle 11:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens B (basiert auf Tabelle 62 Anhang B).....	71
Tabelle 12:	Ranking nach der aggregierten Risikohöhe der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens B (Ausschnitt der Tabelle 85 Anhang I).....	72
Tabelle 13:	Ranking nach der aggregierten Risikohöhe der Beziehungen der Ziele des Unternehmens B (basiert auf Tabelle 62 Anhang B).....	73
Tabelle 14:	Ranking nach höchstem Outdegree im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 70 Anhang D).....	76
Tabelle 15:	Ranking nach höchstem Indegree im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 71 Anhang D).....	77
Tabelle 16:	Ranking nach höchstem Outcloseness im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 72 Anhang D).....	78

Tabelle 17:	Ranking nach höchstem Incloseness im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 73 Anhang D).....	79
Tabelle 18:	Ranking nach höchstem Betweenness im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 74 Anhang D).....	80
Tabelle 19:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens C (basiert auf Tabelle 63 Anhang B).....	82
Tabelle 20:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens C (basiert auf Tabelle 64 Anhang B).....	83
Tabelle 21:	Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens C (Ausschnitt der Tabelle 86 Anhang J).....	84
Tabelle 22:	Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens C (basiert auf Tabelle 64 Anhang B).....	85
Tabelle 23:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens D (basiert auf Tabelle 63 Anhang B).....	87
Tabelle 24:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens D (basiert auf Tabelle 64 Anhang B)....	87
Tabelle 25:	Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens D (Ausschnitt der Tabelle 87 Anhang J).....	88
Tabelle 26:	Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens D (basiert auf Tabelle 64 Anhang B).....	89
Tabelle 27:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens E (basiert auf Tabelle 63 Anhang B).....	91
Tabelle 28:	Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens E (basiert auf Tabelle 64 Anhang B).....	92
Tabelle 29:	Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens E (Ausschnitt der Tabelle 86 Anhang J).....	92
Tabelle 30:	Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens E (basiert auf Tabelle 64 Anhang B).....	93
Tabelle 31:	Ranking nach höchster Aktivität im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G).....	98
Tabelle 32:	Ranking nach höchster Passivität im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G).....	98

Tabelle 33:	Ranking nach höchstem P-Wert im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G).....	99
Tabelle 34:	Ranking nach höchstem Q-Wert im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G).....	100
Tabelle 35:	Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G).....	104
Tabelle 36:	Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G).....	104
Tabelle 37:	Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G).....	105
Tabelle 38:	Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G).....	105
Tabelle 39:	Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G).....	109
Tabelle 40:	Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G).....	109
Tabelle 41:	Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G).....	110
Tabelle 42:	Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G).....	110
Tabelle 43:	Ranking nach höchster Aktivität im AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H).....	115
Tabelle 44:	Ranking nach höchster Passivität AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H).....	115
Tabelle 45:	Ranking nach höchstem P-Wert AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H).....	116
Tabelle 46:	Ranking nach höchstem Q-Wert AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H).....	117
Tabelle 47:	Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H).....	121
Tabelle 48:	Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H).....	121
Tabelle 49:	Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H).....	122
Tabelle 50:	Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H).....	122
Tabelle 51:	Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H).....	126
Tabelle 52:	Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H).....	126
Tabelle 53:	Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H).....	127

Tabelle 54:	Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H).....	127
Tabelle 55:	Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H).....	131
Tabelle 56:	Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H).....	131
Tabelle 57:	Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H).....	132
Tabelle 58:	Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H).....	132
Tabelle 59:	Elemente des Modells für das Trinkwasserversorgungssystem.....	166
Tabelle 60:	Elemente des Modells für das Abwasserbeseitigungssystem....	169
Tabelle 61:	Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Ursache und Auswirkung im Trinkwasserversorgungssystem.....	172
Tabelle 62:	Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Auswirkung und Ziel im Trinkwasserversorgungssystem.....	173
Tabelle 63:	Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Ursache und Auswirkung im Abwasserbeseitigungssystem.....	176
Tabelle 64:	Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Auswirkung und Ziel im Abwasserbeseitigungssystem.....	178
Tabelle 65:	Ranking nach höchstem Outdegree im Trinkwasserversorgungssystem.....	181
Tabelle 66:	Ranking nach höchstem Indegree im Trinkwasserversorgungssystem.....	183
Tabelle 67:	Ranking nach höchstem Outcloseness im Trinkwasserversorgungssystem.....	185
Tabelle 68:	Ranking nach höchstem Incloseness im Trinkwasserversorgungssystem.....	187
Tabelle 69:	Ranking nach höchstem Betweenness im Trinkwasserversorgungssystem.....	189
Tabelle 70:	Ranking nach höchstem Outdegree im Abwasserbeseitigungssystem.....	192
Tabelle 71:	Ranking nach höchstem Indegree im Abwasserbeseitigungssystem.....	195
Tabelle 72:	Ranking nach höchstem Outcloseness im Abwasserbeseitigungssystem.....	197
Tabelle 73:	Ranking nach höchstem Incloseness im Abwasserbeseitigungssystem.....	200
Tabelle 74:	Ranking nach höchstem Betweenness im Abwasserbeseitigungssystem.....	202

Tabelle 75:	Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Trinkwasserversorgungssystems.....	207
Tabelle 76:	Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens A im Trinkwasserversorgungssystem.....	209
Tabelle 77:	Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens B im Trinkwasserversorgungssystem.....	211
Tabelle 78:	Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Abwasserbeseitigungssystems.....	214
Tabelle 79:	Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens C im Abwasserbeseitigungssystem.....	217
Tabelle 80:	Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens D im Abwasserbeseitigungssystem.....	219
Tabelle 81:	Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens E im Abwasserbeseitigungssystem.....	222
Tabelle 82:	Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen A im TWVS.....	223
Tabelle 83:	Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen B im TWVS.....	224
Tabelle 84:	Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen C im AWBS.....	226
Tabelle 85:	Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen D im AWBS.....	227
Tabelle 86:	Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen E im AWBS.....	228

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

α	Aktivität
A	Schadensausmaß
AktG	Aktiengesetz
AS	Aktiv-Summe
AWBS	Abwasserbeseitigungssystem
β	Passivität
B	Betweenness
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
C	Closeness
d	Pfaddistanz
D	Dichte
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft
E	Kanten Menge
EG	Europäische Gemeinschaft
EM	Einflussmatrix
Et al.	Et alii
G	Graph
i	Element
i	Eintrag in Zeile
ICWE	Internationalen Konferenz Wasser und Umwelt
id	Indegree
ISO	International Organization for Standardization
ISOE	Institut für sozial-ökologische Forschung
IWRM	Integriertes Wasserressourcen-Management
j	Eintrag in Spalte
KonTraG	Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich
m	Zeile
M	Kantenanzahl
n	Spalte
N	Knotenanzahl

NaCoSi	Nachhaltigkeitscontrolling siedlungswasserwirtschaftlicher Systeme - Risikoprofil und Steuerungsinstrumente
No.	Number
Nr.	Nummer
<i>od</i>	Outdegree
P	Produkt
PS	Passiv-Summe
Q	Quotient
R	Risiko/Risikohöhe
SRU	Deutschen Sachverständigenrat für Umweltfragen
TWVS	Trinkwasserversorgungssystem
W	Wahrscheinlichkeit
WHG	Wasserhaushaltgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
UN	United Nations (Vereinten Nationen)
V	Elementen Menge
Vgl.	Vergleich
Vol.	Volume

Para mi Familia
y
Damaris

1. Einführung

1.1. Einleitung

Die Wasserversorgung und die Abwasserbeseitigung stellen essentiell notwendige Leistungen zur Gewährleistung der Lebensqualität dar. Historisch ist dies in der Korrelation zwischen der menschlichen Gesundheit und der Qualität des Wassers begründet. Darüber hinaus besteht zwischen Wasser, Energie und wirtschaftlicher Entwicklung ein enger Zusammenhang. Aus diesem Grund stellt die Wasserversorgung entsprechend der europäischen RL 2000/60/EG (EG-Wasserrahmenrichtlinie, nachfolgend WRRL) eine Leistung der Daseinsvorsorge dar. Dies wird in Deutschland rechtlich durch § 50 Absatz 1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) umgesetzt. Die Abwasserbeseitigung ist daher auch als Teil des Kernbereichs der kommunalen Selbstverwaltung anzusehen. Somit sind insbesondere die kommunalen siedlungswasserwirtschaftlichen Unternehmen dieser wichtigen, aber auch herausfordernden Aufgabe verpflichtet. Aufgrund der teilweise langen Nutzungs- und Prognosezeiträume müssen diese Unternehmen nicht nur heute, sondern auch zukünftig eine Vielzahl sich stetig ändernder Rahmenbedingungen erfüllen, aus denen sich für diese Unternehmen sogar existentiell bedrohliche Herausforderungen ergeben können. Aus diesem Grund sind Maßnahmen von diesen Unternehmen zu treffen, die es ihnen ermöglichen ihre Resilienz¹ zu erhöhen und die jeweils erforderlichen Anpassungen zu gewährleisten. Insbesondere eine nachhaltige Entwicklung eines Unternehmens gilt als Garant für dessen Zukunftsfähigkeit und Steigerung an Resilienz.

Insofern betrifft das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung insbesondere Siedlungswasserwirtschaftsunternehmen, die sich bereits heute und in Zukunft mit stetig zunehmenden Herausforderungen für die Daseinsvorsorge konfrontiert sehen.

¹ Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Systems, sein Gleichgewicht nach einer Störung ohne wesentliche Veränderungen wieder einzustellen.

Im Rahmen des Projektverbundes „Nachhaltigkeitscontrolling siedlungswasserwirtschaftlicher Systeme - Risikoprofil und Steuerungsinstrumente“ (NaCoSi) beteiligen sich elf Wasserwirtschaftsunternehmen und sechs Forschungspartner an der Entwicklung eines geeigneten Nachhaltigkeitscontrollings im Sinne eines Asset Risk Managements zur nachhaltigen Entwicklung, um den an sie gestellten Herausforderungen gerecht werden zu können. Diese Kombination aus Praxis- und Forschungspartnern soll Theorie und Praxis verbinden und somit auch die praktische Erprobung der in diesem Projekt entwickelten Instrumente ermöglichen. Problematisch ist, dass es sich bei der anzustrebenden Nachhaltigkeit bislang um einen unscharf definierten Begriff handelt, der vor allem in Hinblick auf die Operationalisierung einer genaueren Konkretisierung bedarf. Im Rahmen der Entwicklung eines Nachhaltigkeitscontrolling haben die Verbundpartner ein Bündel an Zielen festgelegt, welche zum einem die Nachhaltigkeit konkretisieren, zum anderen das Erreichen eines nachhaltigen Zustands des jeweiligen Unternehmensbetriebs gewährleisten sollen. Ein nachhaltiger Zustand ist somit an die Erreichung der festgelegten Ziele gekoppelt. Diese Erreichung der Nachhaltigkeitsziele kann aber durch verschiedene Nachhaltigkeitsrisiken gefährdet werden. Daher war es erforderlich, in Anlehnung an ein konventionelles Risikomanagement, die Risiken der Ziele zu identifizieren. Als Instrument wurden risikobehaftete Wirkungspfade definiert und deren Risiken mithilfe ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihres Schadensausmaßes in den jeweiligen Unternehmen eingeschätzt. Diese Wirkungspfade sollen der Vereinheitlichung und der Reduzierung von Komplexität für weitere Analysen dienen. Die risikobehafteten Wirkungspfade stellen somit die Grundlage für die nachfolgenden Untersuchungen der Risikolandschaft der Unternehmen und für die Entwicklung eines integrierten² Risikomanagements dar. Allein die Aggregation von Risiken und die exakte Beschreibung einzelner Risiken sind jedoch nicht ausreichend für die Entwicklung eines integrierten Risikomanagements, obwohl diese Sachverhalte

² Ein integriertes Risikomanagement soll die Risiken aller Unternehmensbereiche berücksichtigen.

als zentrale Herausforderung konventioneller Risikomanagementsysteme angesehen werden. Erforderlich für die Entwicklung eines integrierten Risikomanagements, welches sich an den Zielen eines Unternehmens orientiert, ist nicht nur die Betrachtung aller Risiken, sondern auch die Betrachtung ihres Zusammenwirkens. Daher lässt sich das Gesamtrisiko eines Unternehmens nicht nur als die Summe der einzelnen Risiken beschreiben (vgl. Aristoteles aus Metaphysik VII, 1041b), sondern bedarf zusätzlich der Bewertung ihrer Wechselwirkungen. Risiken sind insbesondere Auswirkungen von nicht-linearen, nicht-monokausalen interdependenten Ursache-Wirkungsbeziehungen in denen u. a. Rückkopplungen möglich sind (vgl. Strohmeier, 2007, S. 4 ff.). Aufgrund schlecht durchdachter Planung oder Fehleinschätzungen werden oft einfache Actio-Reactio-Beziehungen modelliert und angewendet, die die Entwicklung eines integrierten Risikomanagements verhindern. Somit sind viele konventionelle Risikomanagementansätze durch die Vernachlässigung der wichtigen Risikointerdependenzen unzureichend.

Aus diesen Gründen erscheint eine ganzheitliche Betrachtung der Risiken notwendig, die diesem Erfordernis durch die Operationalisierung der Systemtheorie und Kybernetik oder der Netzwerktheorie Rechnung trägt.

1.2. Gegenstand und Zielsetzung dieser Arbeit

Angelehnt an das Forschungsverbundprojekt NaCoSi des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) soll diese Masterthesis, die von den Projektpartnern identifizierten Risiken und gewählten Nachhaltigkeitsziele in Beziehung zueinander setzen und ihre Wechselwirkungen untersuchen. Die Untersuchung erfolgt somit nicht allein auf theoretischer Basis, sondern unter Verwendung der zur Verfügung gestellten Daten aus dem NaCoSi Projekt. In diesem Projekt werden die Risikosituationen mehrerer Unternehmen untersucht. Aus dieser Datengrundlage soll ein Geflecht³ an Relationen gebildet und mit einer

³ Der Begriff Geflecht ist vom Autor als Sammelbegriff gewählt, um gleichermaßen Systeme und Netzwerke anzusprechen.

geeigneten Methode analysiert werden. Zusätzlich wird an ausgewählten Beispielunternehmen exemplarisch die jeweilige Risikolage untersucht und dadurch ein Realitätsbezug hergestellt.

Ziel dieser Arbeit ist die nicht-lineare, nicht-monokausale interdependente Betrachtung der im NaCoSi-Projekt identifizierten Elemente und deren Risikobeziehungen zueinander. Dieses zugrundeliegende Verständnis ist entscheidend, da Risiken nicht nur einzeln, sondern verknüpft auftreten. Zudem soll durch die Betrachtung der relationalen Beziehungen heraus gearbeitet werden, welche Elemente aufgrund ihrer Einbettung und Position in einem Geflecht von Bedeutung sind. Dadurch werden nicht nur wichtige Elemente erkannt, sondern auch der Einsatz effizienter und effektiver Maßnahmen zur Risikoreduktion ermöglicht. Eine Gesamtbetrachtung des zu untersuchenden Geflechts erfordert eine netzwerk- sowie eine systemisch-kybernetische Betrachtung, welche monokausales und lineares Denken überwindet. Geeignete Methoden für diese Untersuchung sind einerseits die Netzwerkanalyse und andererseits die Einflussmatrix sowie „System Dynamics“, da diese Ansätze die geforderte holistische Betrachtungsweise des Geflechts erlauben.

Systemisch und kybernetisch betrachtet sind die Forschungsfragen dieser Arbeit das Determinieren des Zustands des Geflechts und das Charakterisieren seiner Elemente. Netzwerkanalytisch wird die Frage nach der Zentralität⁴ von Elementen und deren Relationen zueinander näher betrachtet. Zudem soll der Frage nach den Möglichkeiten der gegenseitigen Ergänzung der Methoden nachgegangen werden. Diese Forschungsfragen, sowie die Problematik der Eignung der gewählten Methoden für die Risikobetrachtung, sollen durch ihre Anwendung geklärt werden. Daran ist die Frage geknüpft, welche Potentiale und Schwächen diese Methoden vor dem Hintergrund ihrer tatsächlichen Umsetzung in die Praxis aufzeigen. Der Aufwand der Anwendung der gewählten Methoden stellt in der Praxis oftmals eine große Herausforderung aufgrund der beschränkten Unternehmensressourcen dar und soll hier berücksichtigt werden.

⁴ Auf den Begriff Zentralität in der Netzwerkforschung wird im Kapitel 3 eingegangen.

1.3. Formaler Aufbau dieser Arbeit

Im Anschluss an diese Einleitung folgt im zweiten Kapitel zunächst eine Auseinandersetzung mit den relevanten Grundlagen, sowie deren Verständnis für diese Arbeit. Auf diesen Grundlagen baut die Ausarbeitung im weiteren Verlauf auf. Im dritten Kapitel werden die Methoden zur Untersuchung der Datengrundlage dargestellt. Die Anwendung der Methoden, sowie deren Ergebnisse werden im vierten Kapitel vorgestellt. Im fünften und letzten Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert und auf die Validität der Untersuchungen eingegangen. Darüber hinaus wird die Ausarbeitung zusammengefasst, ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf Forschungsfragen, die sich aus dieser Arbeit ergeben, geboten.

2.Theorie und Grundlagen

Dieses Kapitel soll zum einem die wichtigsten Begriffe im Zusammenhang mit dieser Arbeit definieren und zum anderen die verwendete Software vorstellen. Die verwendeten Definitionen stellen die Arbeitsgrundlage der vorliegenden Ausarbeitung dar. Einige der im Laufe dieses Kapitels vorgestellten Definitionen sind abstrakt gehalten, damit diese dem interdisziplinären Anspruch dieser Arbeit gerecht werden können. Diese Definitionen heben keinen Anspruch auf universelle Gültigkeit.

Diese Ausarbeitung liegt grundsätzlich einem naturwissenschaftlichen Verständnis zugrunde, welches um Theorien erweitert werden soll, die ursprünglich zu den Sozialwissenschaften gezählt werden. Die Verwendung der gewählten sozialwissenschaftlichen Methoden ermöglicht eine neue holistische Perspektive auf den Untersuchungsgegenstand, birgt jedoch gleichzeitig auch Schwierigkeiten bei der Definitionsbildung und den theoretischen Grundlagen.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit soll jedoch nicht auf die Vereinbarkeit theoretischer Grundlagen verschiedener Disziplinen liegen, da dies im Rahmen dieser Arbeit nicht zielführend ist. Stattdessen stehen die Operationalisierung der systemischen und kybernetischen Theorie im Mittelpunkt, sowie die Übertragung der netzwerkanalytischen Methoden auf die hier betrachtete Problemstellung.

2.1. Begriff der Nachhaltigkeit und der nachhaltigen Entwicklung

Der Begriff Nachhaltigkeit wird heute als ein Schlagwort verwendet, dessen inflationärer Gebrauch dazu führt, dass der von Grund auf unscharfe Begriff noch weiter verwässert wird. Trotz aller Erklärungs- und Definitionsversuche ist es bislang nicht gelungen, den Begriff Nachhaltigkeit als Leitbild zu fassen und ein Konzept dafür zu entwickeln. Unter anderem spielt dabei sowohl der kulturelle Hintergrund, als auch die geringe Präzision, die Komplexität und die holistische Natur des Begriffs sowie das Fehlen einer konkreten Umsetzung einer Nachhaltigkeitstheorie eine Rolle. Eine Operationalisierung und Konkretisierung des Begriffs ist deshalb erforderlich, um diesen einzuengen und zu konkretisieren. Zur Prominenz und zur Definition des Begriffs in der heutigen Zeit hat insbesondere der Brundtland-Report „Our Common Future“ aus dem Jahre 1987 beigetragen, welcher nach seiner Veröffentlichung einen weltweiten Diskurs

eröffnete (vgl. Jahn, 2012, S. 55 f.). Die dort getroffene Definition von nachhaltiger Entwicklung und implizit der Nachhaltigkeit allgemein ist weitgehend akzeptiert. Der Brundtland-Bericht definiert:

„Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within it two key concepts:

- the concept of ‘needs’, in particular the essential needs of the world’s poor, to which overriding priority should be given; and
- the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment’s ability to meet present and future needs.” (Brundtland, 1987).

Diese Definition macht die anthropozentrische Egoperspektive des Begriffs Nachhaltigkeit erkennbar. Alle Menschen haben bestimmte Bedürfnisse („needs“), welche zu erfüllen eine Grundmotivation darstellt. Dennoch ist sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Gerechtigkeit⁵ notwendig. In diesem Sinne muss die heutige Generation Rücksicht nehmen und gewisse Beschränkungen ihrer Bedürfnisse für nachfolgende Generationen akzeptieren. Grundsätzlich lässt sich daraus einerseits ein normatives Konzept (somit eine Vorstellung wie die Welt sein sollte) und andererseits eine regulative Idee (Erhaltung einer offenen Zukunft) ableiten (vgl. Hasenmüller, 2013, S. 10; Jörisen, Kopfmüller, Brandl, & Paetau, 1999, S. 348).

In Deutschland hat die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages 1993 im Abschlussbericht „Schutz des Menschen und der Umwelt“ in Anlehnung an den Brundtland-Bericht folgende maßgebliche Regeln definiert:

- „ Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll deren Regenerationsraten nicht überschreiten. Dies entspricht der Forderung nach Aufrechterhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit, d.h. (mindestens) nach der Erhaltung des von den Funktionen her definierten ökologischen Realkapitals.

⁵ Horizontale oder intragenerative Gerechtigkeit ist die Verantwortung innerhalb aller Mitglieder der heutigen Generation und vertikale oder intergenerative Gerechtigkeit ist die Verantwortung gegenüber den nächsten Generationen.

- Nicht erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.
- Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind, nicht zuletzt auch die „stille“ und empfindlichere Regelungsfunktion.
- Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muss in einem ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß für das Reaktionsvermögen der umweltrelevanten natürlichen Prozesse stehen.“ (Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages, 1993, S. 925 f.).

Dieses neue relative Leitbild der Nachhaltigkeit ersetzt das zuvor entstandene und enger gefasste Leitbild des „Umweltschutzes“. Entscheidend hierfür ist, dass der Begriff der Nachhaltigkeit kein absolutes Maß beschreibt und somit keine Grenzen⁶ für mögliche Entwicklungen setzt. Dies gilt vor allem in Hinblick auf wirtschaftliches Wachstum. Nachhaltigkeit kann nicht nur als ein Konzept, sondern auch als ein Prozess (im Sinne von „Der Weg ist das Ziel“ im Gegensatz zum Leitbild, in dem „Das Ziel den Weg bestimmt“) verstanden werden, in welchem Erhaltung und Erneuerung vereinbart werden, um eine langfristige und fortsetzbare Entwicklung zu ermöglichen (vgl. Becker, 2012, S. 32).

Zur Nachhaltigkeitsgewinnung lassen sich aus der obigen Definition und den Regeln der Nachhaltigkeit ein aus drei Säulen bestehendes Konzept, auch Triade (Drei-Säule-Konzept) genannt, ableiten: Ökonomie (Wirtschaft), Soziales (Gesellschaft) und Ökologie (Umwelt). Dieses Konzept ist in der Wissenschaft zwar allgemein akzeptiert, dennoch wirft es Fragen auf, beispielsweise wie die Balancierung dieser drei Dimensionen und deren Umsetzung erfolgen sollen. Das Konzept besagt, dass die drei Säulen der Triade in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen sollen, damit von Nachhaltigkeit gesprochen werden kann; dabei

⁶ Hier sei auf den Meadows - Report von 1972 über die Grenzen des Wachstums verwiesen, welcher exemplarisch für das Leitmotiv des Schutzes und des Erhalts der Umwelt steht.

gibt es u. a. die Unterscheidung zwischen dem „traditionellen“ und dem „modernen“ Verständnis dieses Verhältnisses. (Grambow, 2012, S. 48 ff.)

Abbildung 1: Pure und bedingte Nachhaltigkeit nach dem Traditionellen Konzept der Nachhaltigkeit (Grambow, 2012, S. 49 nach Lehn, Renn, & Steiner, 1999)

In Abbildung 1 ist der Unterschied zwischen der puren und der bedingten Nachhaltigkeit durch die Schraffierung, im Sinne der „traditionellen“ Auffassung, verdeutlicht. Die „pure“ Nachhaltigkeit entspricht der Schnittmenge der drei Dimensionen, während die „bedingte“ Nachhaltigkeit aufgrund der größeren Kompromisse vom Bereich der Schnittmenge abweicht.

Abbildung 2: Ein-Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit (Grambow, 2012, S. 50 nach Williams, et al., 2003)

Im Gegensatz hierzu gilt nach dem „Ein-Säulen-Konzept“, in Abbildung 2 dargestellt, die Wirtschaft als ein Konstrukt der Gesellschaft und wiederum die

Gesellschaft als ein Teil der Umwelt. In diesem Konzept wird eine Abstufung deutlich, in der die Ökologie das große Ganze ist und somit ein größeres Gewicht als die anderen beiden Dimensionen hat. Das „moderne“ Verständnis der Nachhaltigkeit lehnt sich an den Annahmen des Ein-Säulen-Konzepts an.

Im Rahmen dieses „modernen“ Konzepts formuliert der deutsche Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in einem Gutachten zur Nachhaltigkeit von 2002 die „schwache“ und „starke“ Nachhaltigkeit. Die „schwache“ Nachhaltigkeit geht davon aus, dass das Kapital der drei Dimensionen, welches für zukünftige Generationen erhalten bleiben soll, vollständig gegenseitig substituierbar ist. Dagegen berücksichtigt die „starke“ Nachhaltigkeit aus Abbildung 3 die Einschränkungen der Substituierung von ökologischem Kapital. Dadurch wird der Begriff Nachhaltigkeit nicht mehr in all seinen Dimensionen ausdehnbar und relativierbar, da das Ökosystem Erde als absolute Grenze gesetzt wird. Anders ausgedrückt wird das Konzept der Effizienz und des optimalen Gebrauchs des Kapitals der Ökologie durch den langfristigen Schutz und Erhalt desselben ersetzt (vgl. Förstner, 2008, S. 8 f.). Dieses Konzept gibt im Entscheidungsfall eine Richtung vor und verschiebt die Balance bzw. die Kompromissbildung in der Triade zugunsten der Ökologie. (Grambow, 2012, S. 50 ff.)

Abbildung 3: „Starke“ Nachhaltigkeit (schraffiert) (Grambow, 2012)

Beide Konzepte der „schwachen“ sowie „starken“ Nachhaltigkeit werden in der Literatur kritisch bezüglich ihrer Annahmen gesehen. So sei beispielsweise in ersterer die intergenerative Gerechtigkeit nicht genügend berücksichtigt und in

letzterer jegliche Entwicklung, vor allem wirtschaftlich, mit der absoluten Bewahrung des ökologischen Kapitals kaum möglich.

Demgegenüber steht das Konzept der „kritischen“ Nachhaltigkeit, welche die genannten Kritikpunkte der „schwachen“ sowie der „starken“ Nachhaltigkeit zu vereinbaren versucht und somit zur Konsensbildung beiträgt. Diesem Aspekt wird Rechnung getragen, indem das Kapital, welches nicht substituierbar ist, als kritisch eingestuft wird. Dieses Kapital soll durch „Safe Minimum Standards“ abgesichert und bewahrt werden. Diese Standards wiederum sollen auf Grundlage von Aushandlungsprozessen, welche auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basieren, festgelegt werden. (Hasenmüller, 2013, S. 10 ff.)

2.2. Nachhaltigkeit in der Siedlungswasserwirtschaft

Die Siedlungswasserwirtschaft befasst sich mit Fragestellungen im Bereich des Wassers und Abwassers. Ihre Praxisaufgaben sind u. a. die Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser, die Ableitung und die Reinigung von Abwasser, Sammlung, Versickerung und Ableitung von Regenwasser, Gewässerschutz, Sicherung der Wasserressourcen, das Management sowie die Unterhaltung der Infrastruktur. Damit soll die Siedlungswasserwirtschaft den Menschen im Bereich Hygiene dienen, vor Trockenheit und Hochwasser schützen und gleichzeitig die Georessource Wasser vor den Menschen schützen. (Gujer, 2007, S. 1 f.)

Die Säulen der Nachhaltigkeit übertragen auf die Siedlungswasserwirtschaft, verdeutlichen im Umweltbereich die Qualität und Quantität des Wasserhaushalts sowie die davon abhängigen Ökosysteme. Die Säule der Ökonomie kann in diesem Zusammenhang als das notwendigerweise eingebrachte Kapital für die Erfüllung der Aufgaben der Wasserwirtschaft sowie anderweitige effiziente Nutzung der Ressourcen verstanden werden. Die Sozialfunktion wiederum kann interpretiert werden als das Gemeinwohl durch die Wasserversorgung, die Hygiene sowie weitere direkte und indirekte Nutzungen des Wassers. (Hüttel & Bens, 2012, S. 236 ff.)

Ein Beispiel für Nachhaltigkeit in der Wasserwirtschaft ist, das Gemeingut Wasser nur in dem Maß zu gebrauchen, wie es sich lokal im gleichen Maß nachbilden kann. Darüber hinaus soll das benutzte Wasser nur in einer guten Qualität in die Umwelt

abgegeben werden, um damit zukünftig in ausreichender Qualität und Quantität zur Verfügung stehen zu können.

Die herausragende Rolle und Wichtigkeit der Georessource Wasser wird deutlicher, wenn sie im Zusammenhang mit deren Ökosystemleistungen⁷, deren Menschenrechtscharakter⁸, deren Knappheit sowie deren Sicherheitsaspekt verstanden wird. Letzteres wird durch die UN-Water (2013 S.1) im Bericht “Water Security and the Global Water Agenda” folgendermaßen definiert: „the capacity of a population to safeguard sustainable access to adequate quantities of acceptable quality water for sustaining livelihoods, human well-being, and socio-economic development, for ensuring protection against water-borne pollution and water-related disasters, and for preserving ecosystems in a climate of peace and political stability.”.

Für die globale Wasserpolitik wird nachhaltige Entwicklung durch das sogenannte Dublin Statement on Water and Sustainability (1992) aus der Internationalen Konferenz Wasser und Umwelt (ICWE) als Leitbild anerkannt. Die dort definierten „Prinzipien von Dublin“ lauten:

- „Fresh water is a finite and vulnerable resource, essential to sustain life, development and the environment
- Water development and management should be based on a participatory approach, involving users, planners and policy-makers at all levels
- Women play a central part in the provision, management and safeguarding of water
- Water has an economic value in all its competing uses and should be recognized as an economic good” (ICWE, 1992)

⁷ Siehe hierfür die Studie der UN „Millennium Ecosystem Assessment“ zu Ökosystemdienstleistungen aus dem Jahr 2005.

⁸ Im Juli 2010 durch die UN Vollversammlung anerkannt, hat jedoch keine völkerrechtliche Verbindlichkeit.

Diese Prinzipien dienen als Grundlage für das Wasserkapitel der von den Vereinten Nationen im Jahr 1992 beschlossenen Agenda 21⁹.

Einen theoretischen transdisziplinären¹⁰ Ansatz zur Operationalisierung und zur Erreichung der Nachhaltigkeit in der Wasserwirtschaft liefert ein integriertes Wasserressourcen-Management (IWRM)¹¹ (vgl. Hüttel & Bens, 2012, S. 6 f. und 121 f.; Grambow, 2012, S. 89 ff.). Hiernach sollen wirtschaftlicher Wohlstand, soziale Inklusion und Umweltschutz durch das IWRM vereinbar werden, um den Weg zu einer nachhaltigen Wasserwirtschaft ebnen zu können. Dabei gibt das IWRM keine feste, vordefinierte Vorgehensweise vor, sondern lediglich einen Rahmen, der an die konkrete Problemstellung anzupassen ist.

Der Betrachtungsgegenstand der Wasserwirtschaft – die Georessource „Wasser“ – macht den Einsatz eines auf „starke“ oder „kritische“ Nachhaltigkeit orientierten Ansatzes erforderlich. Grund hierfür soll folgende Erklärung verdeutlichen. Die Georessource Wasser kann weder durch ein anderes Kapital ersetzt, noch kann auf sie verzichtet werden. Erst durch den Erhalt dieses Naturkapitals können „Dividende“ in Form von Ökosystemleistungen abgeworfen werden. Zwar kann Wasser letztendlich nicht verbraucht, aber durch seinen Gebrauch in der Qualität verschlechtert werden. Die Aufbereitung von gebrauchtem Wasser zur anthropogenen Nutzung kann unter Umständen an ökonomische und/oder technische Grenzen stoßen. (Grambow, 2012, S. 50 ff.)

Das Wasserdargebot in entsprechender Quantität und Qualität ist von entscheidender Bedeutung für eine sozio-ökonomische Entwicklung. Dieser Sachverhalt spiegelt sich insbesondere in der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) sowie in der deutschen Wassergesetzgebung wider. Das Gut Wasser ist als Lebensmittel, als Produktionsmittel, als Lebensraum und Existenzgrundlage sowie für die Hygiene von überragender Bedeutung. Somit ist eine nachhaltige

⁹ Durch die Agenda 21 haben sich Staaten zur nachhaltigen Entwicklung verpflichtet, jedoch ohne konkrete Form.

¹⁰ Umfassende Integration von Forschung und Forschungsergebnissen verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen mit dem praxisbezogenen Wissen.

¹¹ Durch IWRM wird ein ganzheitlicher, einzugsgebietsbezogener Ansatz für die Wasserwirtschaft verfolgt.

Bewirtschaftung des Wassers als ein essentielles Element zur nachhaltigen Entwicklung allgemein zu betrachten. Trotz der gemeinsamen Zielsetzung und des verbreiteten Konsenses über die Notwendigkeit an Nachhaltigkeit fehlt jedoch bis heute eine allgemein akzeptierte Operationalisierung. (Tauchmann, et al., 2006, S. 2 ff.)

Kahlenborn und Kraemer definieren nachhaltige Wasserwirtschaft¹² als

„die integrierte Bewirtschaftung aller künstlichen und natürlichen Wasser(teil)kreisläufe unter Beachtung von drei wesentlichen Zielsetzungen:

- Langfristiger Schutz von Wasser als Lebensraum bzw. als zentrales Element von Lebensräumen;
- Sicherung des Wassers in seinen verschiedenen Facetten als Ressource für die jetzige wie für nachfolgende Generationen;
- Erschließung von Optionen für eine dauerhaft naturverträgliche, wirtschaftliche und soziale Entwicklung“ (Kahlenborn & Kraemer, 1999, S. 27).

2.3. Die NaCoSi Nachhaltigkeitsziele

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich nicht direkt mit der Nachhaltigkeit, sondern mit sogenannten Nachhaltigkeitszielen, die im Rahmen des Verbundprojekts NaCoSi ausgearbeitet wurden. Diese Nachhaltigkeitsziele orientieren sich einerseits an den obigen Definitionen der Nachhaltigkeit, andererseits richten sie sich nach dem vom Deutschen Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW) sowie der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) entwickelten „Fünf-Säulen-Modell“¹³ der Wasserwirtschaft. Diese vom

¹² Auf diesen Abschlussbericht des Forschungsvorhabens „Nachhaltige Wasserwirtschaft in Deutschland“ stützt sich die Bundesregierung Deutschland in ihrer Strategie zur nachhaltigen Wasserbewirtschaftung.

¹³ Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung wird das „Fünf Säulen Modell“ verwendet. Die fünf Säulen lauten: Sicherheit, Qualität, Kundenservice, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit.

Verbundprojekt gewählten Ziele für siedlungswasserwirtschaftliche Unternehmen stellen die Grundlage für ein Nachhaltigkeitscontrolling dar. Damit sind sie für eine nachhaltige Entwicklung der Wasserwirtschaftsunternehmen entscheidend.

Prinzipiell und allgemein kann bei Erfüllung aller Ziele von einem nachhaltigen Zustand ausgegangen werden. Eine Gewichtung und Priorisierung der Ziele für die jeweiligen Unternehmen ist damit nicht vorgegeben und muss spezifisch erfolgen. (Eller, et al., 2014)

Die 15 definierten Nachhaltigkeitsziele werden den Dimensionen Umwelt und Ressourcen, Organisation und Technik, Mitarbeitende, gesellschaftliche Verantwortung sowie Entwicklungsfähigkeit zugeordnet. Die Nachhaltigkeitsziele lauten: Umweltschutz, Ressourceneffizienz, Prozessqualität, Wirtschaftlichkeit, Steuerbarkeit, Unternehmenskultur, Kompetenzpotential, Leistungsqualität gegenüber Kunden, Akzeptanz, Erschwinglichkeit, Kostengerechtigkeit, regionale Einbettung, Refinanzierbarkeit, Innovations- und Anpassungsfähigkeit sowie Robustheit. Die Dimensionen und Ziele sind in Abbildung 4 dargestellt.

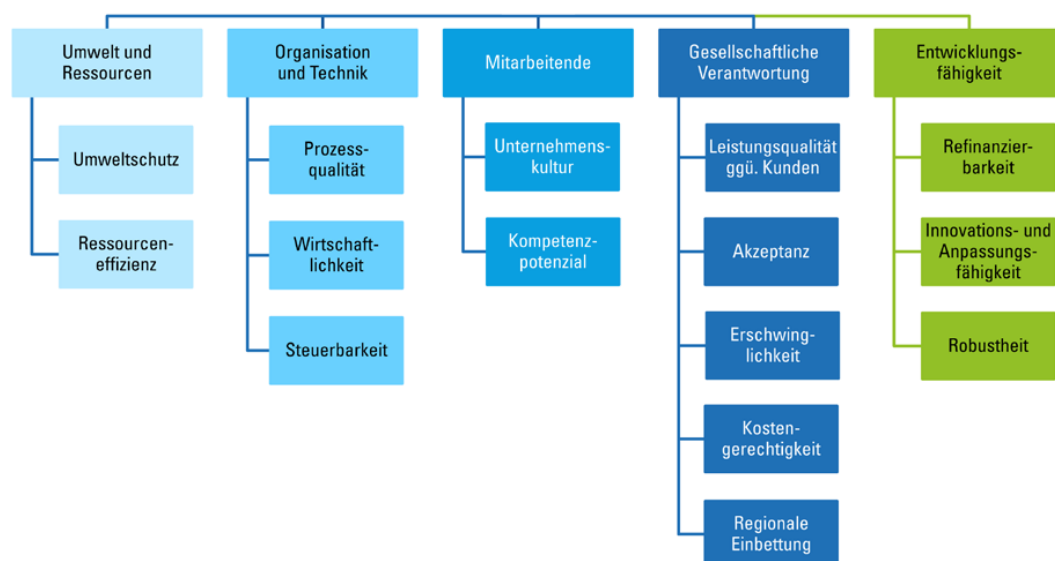


Abbildung 4: Nachhaltigkeitsziele eingeteilt nach ihrer Dimension (Eller, et al., 2014)

Eine genaue Beschreibung der Ziele und der Dimensionen kann aus dem ISOE-Diskussionspapier 37 „Nachhaltigkeitsziele und Risiken für siedlungswasserwirtschaftliche Unternehmen: Erste Bausteine für ein Nachhaltigkeitscontrolling“ entnommen werden.

2.4. Risikobegriff

Veränderungen in der heutigen globalisierten Welt, sei es durch neue Technologien, politische Entscheidungen oder Naturereignissen, bergen zunehmend Risiken für Unternehmen. Risiko und Sicherheit sind Bestandteile des Unternehmensmanagements, daher ist deren Betrachtung für eine nachhaltige Entwicklung unerlässlich. Neben betriebswirtschaftlichen Notwendigkeiten und Anforderungen bestehen gesetzliche (wie KonTraG und AktG) und vertragliche Vorgaben, die zu erfüllen sind und ein entsprechendes Managementsystem erforderlich machen. Je nach Disziplin werden verschiedene Bedeutungen für den Begriff Risiko verwendet. Gemeinsam ist ihnen jedoch der unvorhersehbare, wertneutrale Ausgang oder die Auswirkung einer Handlung auf ein Ziel. Ein Risiko beinhaltet sowohl mögliche Gefahren als auch Chancen. Chancen oder positive Risiken stellen kein Gefährdungspotential für Unternehmen dar und werden deshalb nicht weiter betrachtet.

In Unternehmen und Betrieben wird ein Risiko als eine zukünftige Unsicherheit oder ein Wagnis verstanden, deren Ausgang negativ ist (vgl. Förstner, 2008, S. 38). Betriebswirtschaftlich wird ein Risiko allgemein als die Möglichkeit eines negativen Resultats bei einer Unternehmung begriffen. Dieses Resultat kann das Eintreten oder nicht Eintreten einer Annahme sein, welche zu einer unerwarteten Änderung der Planung oder Strategie führt. Der ungewisse Ausgang der Unternehmung bringt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit und mit einem bestimmten Ausmaß Nachteile mit sich.

Risiken können aber nicht immer vermieden und ausgeschlossen werden. Wird ein Risiko in Kauf genommen, sollte zuerst versucht werden, dieses durch verschiedene Strategien wie die der Minimierung, der Begrenzung oder der ganzen oder teilweisen Weitergabe (z. B. durch den Abschluss einer Versicherung oder eines Sicherungsgeschäfts) zu beherrschen.

Die Entscheidung, ein Risiko einzugehen, hängt wesentlich von dem Verhältnis zwischen erwartetem Nutzen und potenziellem Schaden ab. Die Wahrnehmung und Einschätzung von Risiken werden oft subjektiv falsch bewertet, da sie in vielen Fällen wenig eindeutig und nicht durch „harte“ Fakten untermauert sind. Dabei spielen unterschiedliche Faktoren wie „Betroffenheit und Nutzen, Beeinflussungsmöglichkeit, Erfahrungen und Berichte [sowie] Messung und

Kennzahlen“ (Hachtel und Holzbaur, 2010, S. 246) eine Rolle. (Hachtel & Holzbaur, 2010, S. 246 f.)

Holzheu und Wiedemann (1993, S. 9 f.) betrachten den Risikobegriff deshalb als ein „Konstrukt“,

„d.h. Risiko ist (auch) ein Beobachtungskonzept, nicht nur ein Beobachtungsgegenstand. Als Beobachtungskonzept ist es eine Art von Brille, durch die man die Welt betrachtet. Was dabei als Risiko gesehen wird, ist nicht unmittelbar Wirklichkeit, sondern hängt von der Art der Brille ab und der Weise, wie durch sie geschaut wird.“

Die Ansicht ist zum Teil gerechtfertigt, dennoch besitzt der Risikobegriff nicht nur subjektive, sondern auch objektive Aspekte. Mehr dazu in Kapitel 2.5 Risikomanagement zum Umgang mit Risiken.

2.5. Risikomanagement

In einem Unternehmen sollte nicht gewartet werden bis ein Risikofall auftritt, sondern sollte im Vorfeld ein Plan für einen Umgang mit dieser Situation ausgearbeitet werden. Dies erfordert ein entsprechendes Risikomanagement. Hinsichtlich der konkreten und exakten Definition des Risikomanagements existiert in der Literatur keine einheitliche Meinung. Nach Junge (2012, S. 182) gibt es zwei nennenswerte Standards im unternehmensweiten Risikomanagement ISO 31000:2009 „Riskmanagement - Principles and Guidelines“ sowie COSO Enterprise Risk Management - Integrated Framework. Ersteres beschreibt einen allgemein gehaltenen Top-down-Ansatz für die Führungsebene. Dieser Ansatz versteht somit das Risikomanagement nicht als ein Prozess, sondern als statische Vorgabe im Rahmen der Lenkung durch die Führungsebene. Letzteres gibt lediglich Hinweise zum Aufbau eines Risikomanagements (vgl. Junge, 2012, S. 182). Bei diesen Standards kann jedoch nicht von einer extensiven Anleitung und Hilfestellung zur Bewältigung von Risiken für Unternehmen ausgegangen werden. Aus diesem Grund gibt es in der Praxis heterogene Ansätze und Verständnisse für das Risikomanagement.

Strohmeier (2007, S. 47) definiert:

„Risikomanagement als immanenter Bestandteil der Unternehmensführung umfasst alle jene Entscheidungs- und Durchsetzungshandlungen sowie die

diesen Handlungen vor-, nach- und parallelgelagerten Planungs-, Organisations-, Personalführungs-, Informations-, Koordinations- und Kontroll-Funktionen, die auf eine systematische und kontinuierliche Analyse, Bewältigung und Kontrolle der unternehmerischen Risikopotenziale abzielen, um damit auf Basis des zugrundegelegten Wertesystems des Unternehmens die Realisierung der RM-Ziele unter Berücksichtigung des Chancenaspektes zu ermöglichen.“.

Im Großen und Ganzen definiert und koordiniert entsprechend dieser Definition ein Risikomanagement die Maßnahmen, die Verantwortliche und die Abläufe zur Risikobewältigung. Der Prozess des Risikomanagements ist als ein konstantes Monitoring zu verstehen. Dieses umfasst die strukturierte Risikoidentifikation, die Risikoanalyse und Bewertung nach potentialem Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit sowie die Maßnahmen zur gezielten Risikobewältigung. (Junge, 2012, S. 181 f.)

Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung für einen Risikomanagementprozess (Deutsche Gesellschaft für Risikomanagement e.V., 2008, S. 170)

Der Abbildung 5 können die Schritte des Risikomanagements als kontinuierlicher Prozess entnommen werden. Der Schritt der Risikoidentifikation soll, basierend auf den verfügbaren Daten, Informationen über bestehende Risiken liefern. Im nächsten

Schritt, der Risikoanalyse, soll eine quantitative oder semiquantitative Basis¹⁴ zur Bewertung der Risiken geschaffen werden, damit erforderliche Maßnahmen abgeleitet werden können (vgl. Hachtel & Holzbaur, 2010, S. 251 f.). Dies stellt bereits eine Herausforderung für Unternehmen dar, da sich die Übertragung mancher qualitativer Daten in Quantitative als schwierig erweisen kann.

Für die Analyse, den Umgang und die Bewältigung von Risiken ist deren numerische Bestimmung und Einschätzung erforderlich und hilfreich. Einfach betrachtet berechnet sich ein Risiko (R) aus der Multiplikation von Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und Auswirkung bzw. Schadensausmaß (A). Die Eintrittswahrscheinlichkeit beschreibt das Verhältnis zwischen vermuteten und insgesamt möglichen Ereignissen innerhalb einer Periode. Eine geringe Wahrscheinlichkeit sagt aber nichts über den Zeitpunkt des Eintritts, welcher kurz- oder langfristig sein kann, aus. Die Eintrittswahrscheinlichkeit, im Allgemeinen ein Erwartungswert, lässt sich mit genügend statistischem Material sowie konstanten Randbedingungen einfach bestimmen (vgl. Förstner, 2008, S. 38). Das Schadensausmaß oder die Auswirkung ist am einfachsten zu bewerten, wenn sie sich etwa in einem Geldwert quantifizieren lässt. Mit dieser Betrachtung ist bei gleichzeitig bekannter Eintrittswahrscheinlichkeit eine vergleichende, systematische Bewertung zwischen Risiken, sowie das Festlegen von Grenzwerten für die Einstufung der Risiken möglich.

Problematisch bei der Feststellung eines Risikos sind das subjektive Gefühl und der Umgang mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten, etwa im Fall einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 50%. Hier wird bei der Betrachtung vieler Ereignisse das Risiko relativiert, da bei der Hälfte der Ereignisse statistisch ein Gewinn zu erzielen ist. Aber bei Betrachtung eines singulären Ereignisses bedeutet die gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit von 50% einen Einsatz um alles oder nichts (vgl. Ebert, 2013, S. 49 ff.). Aus diesem Grund bedarf es an Erfahrung bei der Einschätzung und dem Umgang mit Risikowahrscheinlichkeiten. Zur Bewältigung

¹⁴ Eine semiquantitative Bewertung ist besser als die Vortäuschung durch eine pseudopräzise Risikobewertung. Wichtig ist, dass die Risiken präsent sind und diese weder überschätzt noch unterschätzt werden (Ebert, 2013, S. 55 ff.).

dieser Schwierigkeiten können Instrumente der Entscheidungsfindung im Risikofall beitragen.

Ein klassisches Instrument zur Beurteilung der Einzelrisiken eines Unternehmens stellt das Risikoportfolio oder die Risk-Map in Abbildung 6 dar. Darin lässt sich der Zusammenhang zwischen Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß visualisieren. Des Weiteren werden mit der Festlegung einer Akzeptanzlinie Entscheidungsträger bei der Identifikation von Prioritäten und dem erforderlichen Handlungsbedarf unterstützt (vgl. Schwab, 2014, S. 370 f.). Handlungsbedarf wird bei Erreichung des Schwellenwerts, welcher die Akzeptanzlinie definiert, notwendig.

Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung einer Risk-Map oder Risikoportfolio (Reichling, Bietke, & Henne, 2007, S. 233)

Die Risk-Map lässt sich in eine Risikomatrix nach Abbildung 7 überführen, welche eine Erweiterung zur detaillierteren und spezifischeren Betrachtung der Risikopotentiale ist (vgl. Brauweiler, 2015, S. 9 f.). In der Matrix werden Risiken aufgelistet und entsprechend A und W kategorisiert, sodass entsprechende Normstrategien, wie in Abbildung 7, eingeleitet werden können. Die Risikomatrix stellt ein besseres Instrument zur Bewertung als die alleinige Betrachtung von Risikohöhen ($R = W \cdot A$) und deren Vergleich dar. Denn die alleinige Betrachtung der Risikohöhe führt dazu, dass „ein Risiko mit einer geringen

Eintrittswahrscheinlichkeit und einer hohen Auswirkung einen gleichen Risikoerwartungswert [ergibt], wie ein Risiko mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit und einer niedrigen Auswirkung.“ (Strohmeier, 2007, S. 36). Eine solche Einstufung kann gravierend sein, da im ersten Fall beim Eintreten des Risikos die Existenz des Unternehmens gefährdet wird, während sich im zweiten Fall das Risiko trotz wiederholtem Auftreten leicht beherrschen lässt.

Abbildung 7: Beispielhafte Risikomatrix (Brauweiler, 2015, S. 10)

In Fällen, in denen eine quantitative Bestimmung von W und A nicht möglich ist, ist deren grobe Einschätzung trotzdem ein Zugewinn. Das Unternehmen sieht sich in solchen Fällen dazu gezwungen, mit einem Risiko auszukommen und sich damit auseinanderzusetzen. Es spielt somit eine geringere Rolle, weder W noch A mit größter Genauigkeit zu bestimmen, sondern Risiken kontrollierbarer zu machen und entgegenwirkende Maßnahmen einzuleiten.

In vielen Fällen ist für die Risikobewertung die oben genannte Methode der Risikomatrix nicht passend. Zweckmäßiger ist es beispielsweise eine Wahrscheinlichkeitsverteilung zu betrachten (vgl. Strohmeier, 2007, S. 38). Ein Konzept hierzu ist beispielsweise das Value at Risk, welches eine Verlustobergrenze darstellt, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit in einem gegebenen Zeitraum nicht überschritten wird (vgl. Reichling, Bietke, & Henne, 2007, S. 234). Daneben gibt es noch weitere Methoden, um Einzelrisiken zu

berechnen. Darauf wird im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen; dafür sei auf Fachliteratur wie „Praxishandbuch Risikomanagement und Rating“ von Reichling, Bietke, & Henne, 2007 und „Risikoaggregation in der Praxis“ von Deutsche Gesellschaft für Risikomanagement e.V., 2008 zum Thema Risiko und Risikomanagement verwiesen.

Die Methoden dieser Arbeit sollen ergänzend und erweiternd auf die klassischen Instrumente des Risikomanagements einwirken, welche die Risiken isoliert betrachten.

2.6. Risikoverständnis im NaCoSi Projekt

Nach dem Verständnis des NaCoSi Projekts wird im Rahmen dieser Arbeit das Risiko als das Verfehlen von Zielen und somit die Nachhaltigkeitsrisiken als das Verfehlen von Nachhaltigkeitszielen angenommen (vgl. Eller, et al., 2014). Diese Ziele wurden im vorangegangenen Abschnitt 2.3 vorgestellt. Die betrachteten Nachhaltigkeitsrisiken stellen ein Bündel an Risiken - ein Geflecht von hoher Komplexität¹⁵-, dar, die entsprechende Lösungsansätze erfordern. Das Projekt orientiert sich dabei an allgemein akzeptierten Normen des Risikomanagements.

Eines der Ziele des Risikomanagements sollte darin bestehen, das Gesamtrisiko eines Unternehmens als Geflecht der einzelnen, voneinander abhängigen sowie unabhängigen Risiken zu bestimmen. Werden Einzelrisiken jedoch mehrheitlich isoliert betrachtet, wird die Aufgabe des Risikomanagements in Bezug auf eine Gesamtbetrachtung der Risiken verfehlt. Im Falle der alleinigen Betrachtung von Einzelrisiken kann deren Zusammenwirken zu einer existenzgefährdenden Lage des Unternehmens führen (vgl. Reichling, Bietke, & Henne, 2007, S. 235 ff.). Das Gesamtrisiko eines Unternehmens muss daher als mehr als die Summe der einzelnen Risiken verstanden werden.

Für die Bestimmung der Risiken wird eine Einschätzung vorgenommen, bei der Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß eine wesentliche Rolle spielen

¹⁵ Ein komplexes Geflecht ist eine große Menge an Elementen, die ein dynamisches Gefüge, indem nicht alle Elemente miteinander verknüpft sind, bilden.

(vgl. Eller, et al., 2014). Die im Projekt NaCoSi bestimmten Einzelrisiken werden für diese Ausarbeitung übernommen, ohne darauf näher einzugehen, da dies nicht das Ziel dieser Arbeit ist. Die Eintrittswahrscheinlichkeit im NaCoSi Projekt beschreibt „die Wahrscheinlichkeit, dass ein gesamter Wirkungspfad (inklusive Ursache und Zielabweichung) eintritt. Sie wird angegeben als niedrig, mittel, hoch. Die Zuordnung von Werten muss noch abgestimmt werden.“ (Eller & Perz, unveröffentlicht). Das Schadensausmaß ist nach Eller und Perz (unveröffentlicht) folgendermaßen definiert, als

„das Ausmaß des Schadens, das bei Eintreten der Zielabweichung zu erwarten ist. Es wird angegeben als niedrig (Wert 1), mittel (3), hoch (10). Das Schadensausmaß beschreibt wie groß der Schaden für ein bestimmtes Nachhaltigkeitsziel durch dessen Verfehlung durch Eintreten eines Wirkungspfades ist.“.

Die Methode der Bestimmung von Risiken über $W \cdot A$ soll nicht eine Gesamtbewertung der Risikolage der Unternehmen leisten, sondern eine Grundlage für die weiteren Untersuchungen bilden. In einer solchen Gesamtbeurteilung sollen das Zusammenwirken und die Interdependenzen aller Risiken berücksichtigt werden. Dieser Anspruch geht über die Risikoaggregation, bei der Risiken zusammengefasst werden, hinaus (vgl. Deutsche Gesellschaft für Risikomanagement e.V., 2008, S. 15 ff.).

Die Mehrheit der untersuchten Literaturmeinungen macht die Grenzen der traditionellen Methoden deutlich, bietet aber keine Vorschläge für eine bessere Umsetzung.

2.7. Modell-, Simulation-, und Szenariobegriff

Der Begriff des Modells wird je nach Disziplin aufgrund der fachspezifischen Verwendung unterschiedlich definiert. Roski (1986) definiert ein Modell als „eine für einen bestimmten Zweck gebildete, vereinfachende Abbildung eines als System aufgefassten Realitätsausschnittes.“. Diese Abbildung ist somit eine intendierte Reduktion an Komplexität. Die Definition nach Roski erlaubt dank ihrer Abstraktion einen Einsatz über verschiedene Disziplinen hinweg. Modelle zeichnen sich allgemein durch drei Hauptmerkmale aus, das Abbildungsmerkmal, das Verkürzungsmerkmal und das pragmatische Merkmal (vgl. Bandow & Holzmüller, 2010, S. 8 ff.). Das Abbildungsmerkmal besagt, dass Modelle Abbildungen, d.h.

Abstrahierungen von Originalen sind. Das Verkürzungsmerkmal verdeutlicht, dass nicht alle originalen Attribute im Modell erhalten bleiben, sondern lediglich die für den Modellierer essentiell notwendigen. Und zuletzt besagt das pragmatische Merkmal, dass aus einem Modell - durch seine Zweckgebundenheit - nicht immer eindeutig sein Original zugeordnet werden kann.

Bei der Modellierung oder Modellbildung geht es um die systematische Entwicklung eines Modells. Der Entwicklungsprozess wird eingeteilt in die Problem- Spezifikations-, Entwurfs-, Validierungs- und Evaluationsphase.

Die Validierung steht im Zusammenhang mit der Modellbildung, wenn die Plausibilität des Modells in Frage gestellt wird. Das Modell, darauf basierende Simulationen und Szenarien müssen auf ihre Konformität und Konsistenz hin überprüft werden. Wenn Belege und Beweise dafür gefunden werden, dass ein Modell die gestellten Anforderungen erfüllt und somit einen Realitätsbezug hat, ist eine Validierung des Modells gerechtfertigt.

Mit einem Modell lässt sich eine Simulation durchführen. Die Simulation ist der Ablauf des Verhaltens eines Modells unter gewählten Bedingungen und entspricht einer Berechnung. Eine Automatisierung der Berechnungen ist möglich, wenn mathematische Formeln zur Berechnung in das Modell eingegeben werden. Die Herausforderung liegt hier im richtigen mathematischen Beschreiben des Systems. Mit Hilfe von diversen Simulationen in Abhängigkeit von gewählten Parametern eines Modells lassen sich verschiedene Szenarien erzeugen. Ein Szenario ist die plausible und konsistente Beschreibung einer Abfolge von Ereignissen, die dabei helfen soll, alternative Zukunftsbilder sichtbar zu machen. Im Zusammenhang der Entscheidungsfindung ist es relevant abzuschätzen, durch welche gezielte Manipulation ein System in eine bestimmte Richtung gelenkt werden kann. Damit stellt die Bildung von Szenarien ein wichtiges Instrument für die Sichtbarmachung möglicher Entwicklungen eines Systems dar. Die Anwendung einer Methode wie System Dynamics, siehe 2.12, kann durch Simulationen von Szenarien zu einem holistischen Risikomanagement beitragen.

2.8. Definition und formale Darstellung eines Netzwerks

Jansen (2006 S. 13 ff.) definiert ein Netzwerk formal als ein abgegrenztes Set aus Knoten, z. B. Akteure und Kanten (Beziehungen). Formal werden ein Netzwerk als

ein Graph, ein Akteur als ein Knoten und Beziehungen als Pfeile oder Kanten repräsentiert. In einem Graph bilden Kanten oder Pfeile die Verbindungslinien zwischen den Knoten. Diese repräsentieren die Relationen, Transaktionen, Kommunikationen oder jegliche Art von Beziehung zwischen den Akteuren. Eine gerichtete Beziehung wird durch einen Pfeil und eine ungerichtete Beziehung durch eine Kante dargestellt. Knoten, auch Elemente genannt, repräsentieren Akteure, Ereignisse oder Objekte. In der Regel werden Elemente als Kreise dargestellt. Zur besseren Darstellung können bestimmte Bestandteile des Netzwerks durch Farben, Formen und Größen hervorgehoben werden.

Die Akteure im Netzwerk werden in der Regel als gleichwertig und autonom angenommen. Die Beziehungen, die Relationen und die Strukturen, die diese bilden, stehen eher im Mittelpunkt der Betrachtung, weniger die Akteure mit ihren Attributen. Netzwerke werden als flexible, heterogene und dynamische Gebilde verstanden (vgl. Stegbauer & Häußling, 2010, S. 59).

Die Repräsentation von Netzwerken ist auf formale Methoden der Graphentheorie zurückzuführen, welche gleichzeitig eine mathematische Analyse ermöglichen (vgl. Holzer, 2006, S. 29).

2.9. Netzwerktheorie und Netzwerkanalyse

Es ist schwierig von einer Netzwerktheorie in den Sozialwissenschaften zu sprechen, wie im Falle der Systemtheorie nach Luhmann (1991; 1997). Die Bildung dieser Theorie ist Gegenstand der Forschung (vgl. Holzer, 2006, S. 104 ff.; Stegbauer, 2010, S. 11 ff.; Stegbauer & Häußling, 2010, S. 13 ff.). Holzer (2006, S. 74 ff.) spricht etwa von einer strukturellen Intuition zur Netzwerktheorie und Stegbauer und Häußling (2010 S. 57 ff.) von Theoremen¹⁶. Statt einer Theorie wird von der sozialen Netzwerkanalyse (wörtliche Übersetzung für Social Network Analysis) gesprochen, obwohl Stegbauer (2010 S. 13 f.) betont, dass Netzwerke nicht sozial sein müssen und der Begriff für die deutsche Sprache schlecht gewählt

¹⁶ Eine Theorie besteht aus Axiomen (Grundsätzen) oder Grundannahmen. Aus diesen lassen sich logische Lehrsätze oder Theoreme ableiten.

sei. Aus diesem Grund schlägt Stegbauer (2010 S. 13 f.) den Begriff Netzwerkforschung vor. Das Selbstverständnis der Netzwerkforschung ist nach Stegbauer von Dynamik und Heterogenität geprägt und steht in enger Beziehung zu empirisch-methodischen Fragestellungen (vgl. Stegbauer & Häußling, 2010, S. 57 ff.).

Die Netzwerkanalyse basiert auf einem multidisziplinären Ansatz und ist ein Instrument mit einer Reihe formaler Verfahren zur Untersuchung der Struktur und Muster von Netzwerken sowie der Beziehung und der Position ihrer Knoten. Gleichzeitig ist die Netzwerkanalyse eine Theorieperspektive. Nach Jansen (2006 S. 11) birgt diese Theorieperspektive die Möglichkeit, aus der Netzwerkanalyse Ansätze für die Verbindung und Integration zwischen Makro- (Institutionen, Staaten und Gesellschaft) und Mikroebene (das Individuum, ein Akteur) zu bilden. Durch das Betrachten der Mesoebene (Netzwerk) werden abstraktere, systemische Eigenschaften und Strukturen, die sich erst auf höheren Aggregierungsstufen abbilden, deutlich. Die Positionierung im Netzwerk erlaubt somit Sachverhalte zu erklären, die sonst über individuelle Attribute nicht erklärt werden können. Diese emergenten Eigenschaften sind aber nicht losgelöst von den in einem Netzwerk eingebetteten¹⁷ Individuen (vgl. Jansen, 2006, S. 13 f.). Die strukturelle Analyse des Netzwerks beruht auf der Annahme, dass die Beziehungen und die Einbettung von Akteuren im Netzwerk sowohl die Akteure selbst als auch das Netzwerk beeinflussen kann (vgl. Goodwin & Emirbayer, 1994). Dieses Konzept zu den Verhältnissen im Netzwerk wird als strukturalistischer Konstruktivismus bezeichnet und wird als Grundannahme dieser getroffen. Die Erklärungsversuche über die Verhältnisse in einem Netzwerk divergieren in der Literatur. Hierzu zählen neben dem strukturalistischen Konstruktivismus auch der strukturalistische

¹⁷ Granovetter (1985, S. 487) erklärt die Einbettung folgendermaßen: „Actors do not behave or decide as atoms outside a social context, nor do they adhere slavishly to a script written for them by the particular intersection of social categories that they happen to occupy. Their attempts at purposive action are instead embedded in concrete, ongoing systems of social relations.“.

Determinismus und der strukturalistische Instrumentalismus auf welche im Kapitel 2.14. eingegangen wird.

Die Operationalisierung der Netzwerktheorie, die Netzwerkanalyse, fußt auf der Untersuchung von Strukturen und Mustern, die den emergenten Eigenschaften des Netzwerks entsprechen. Basierend auf der Graphentheorie wurden Metriken entwickelt, um diese Muster und Strukturen durch mathematische Berechnungen zu erfassen. Netzwerke lassen sich auch visuell untersuchen, aber die damit einhergehende Unübersichtlichkeit stellt ein großes Problem dar. Selbst die Anwendung von Maßzahlen bei größeren Netzwerken ist aufwendig und erfordert ein rechnergestütztes Programm. Abhängig von dem zu betrachtenden Netzwerk sind geeignete Maßzahlen zu wählen, die auch miteinander kombiniert werden können. Maßzahlen für einzelne Knoten sind u. a. die der Zentralität sowie der strukturellen Autonomie, hingegen sind Verfahren für Netzwerkteile die der Cliques und der Blockmodellanalyse. Die Maßzahl der Zentralität misst vor allem die Einbindung von Knoten in Informationskanäle. Macht wird entweder aus Beziehungen zu anderen mächtigen Knoten abgeleitet oder aus der Überbrückung von strukturellen Löchern. (Jansen, 2006, S. 127 ff.)

Im Konzept der Clique geht es um die direkten Verbindungen zwischen Gruppierungen im Netzwerk, wodurch eine Abgrenzung oder Polarisierung zu anderen Cliques entsteht. Im Gruppenkonzept der Blockmodellanalyse geht es hingegen um ein Verfahren zur Analyse struktureller Äquivalenz. Diese Verfahren sind auch geeignet, um über indirekte Beziehungen strukturelle Lücken erkennbar zu machen. Außerdem werden durch ihre Anwendung Hierarchien und Ungleichheit im Netzwerk hervorgehoben. (Jansen, 2006, S. 193 ff.)

2.10. Systembegriff

Die Bedeutung des Wortes *sýstēma* (System) lautet nach dem griechischen Ursprung: „Aus mehreren Teilen zusammengesetztes und gegliedertes Ganzes.“ (Duden, 2015). Der Systembegriff gilt als Fundament für die allgemeine Systemtheorie (vgl. Grötcke, 2013, S. 25).

In der Fachliteratur lassen sich zu jedem Fachgebiet verschiedene Definitionen für System finden, die aber Gemeinsamkeiten aufweisen. Es ist die Rede von einem sich nach außen hin abgrenzendem Objekt, welches aus verschiedenen Teilen besteht, welche in Wechselwirkung miteinander stehen. Die einzelnen Teile

beeinflussen deshalb das Ganze und können nicht ohne Auswirkung auf die verbleibenden Teile entfernt oder hinzugefügt werden (vgl. Wagner, 2002, S. 9 f.). Ein System besitzt einen Zweck, Elemente und eine Struktur. Elemente können als kleinste Teile oder Einheiten eines Systems definiert werden, welche nicht weiter differenziert werden oder auflösbar sind. Weitere Eigenschaften sind ihre Komplexität und Emergenz wie bei Netzwerken.

Die Darstellung eines Systems wird durch die Subjektivität bei der Abbildung der Realität beeinflusst und ist somit abhängig vom „Modell, das sich der Beobachter von der Welt macht. Menschen betrachten nämlich dasselbe Beobachtungsobjekt unter verschiedenen Aspekten (Positionen), sowie mit unterschiedlichen Beobachtungsinstrumenten (Brillen) und Versuchsanordnungen (Experimenten)“ (Bittl, Helten, & Liebwein, 2000, S. 159 f.).

Die dargestellte Definition ist abstrakt und lässt sich dadurch in verschiedenen Disziplinen anwenden.

2.11. Systemtheorie und Kybernetik

Die Bedeutung des Wortes *kybernētiké téchnē* (Kybernetik) lautet nach seiner griechischen Herkunft: „Steuermannskunst, [...] wissenschaftliche Forschungsrichtung, die Systeme verschiedenster Art [...] auf selbsttätige Regelungs- und Steuerungsmechanismen hin untersucht“ (Duden, 2015).

Dem Duden (2015) nach ist die Systemtheorie eine „formale Theorie der Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems [...], des Zusammenhangs zwischen Struktur und Funktionsweise von gekoppelten Systemen“.

Für beide Wissenschaftstheorien gibt es keine einheitliche Definition, dennoch bilden die vorgestellten Erklärungsversuche ein gutes Fundament für deren Verständnis in der vorliegenden Arbeit.

Beide Disziplinen beschäftigen sich mit Systemen, haben aber eine andere Schwerpunktsetzung. Die Kybernetik untersucht die Funktionsweise eines Systems auf seine Anpassungs- und Regulierungsfähigkeit hin, während sich die Systemtheorie eher mit der Systemstruktur (mathematisch) beschäftigt (vgl. Wagner 2002, S. 20). Zentral für die Kybernetik ist das Konzept der Regulierungseigenschaft von Systemen über Regelkreise (Rückkopplungswirkungskette). Damit ist für die Systemtheorie die Art und Weise des dynamischen Zusammenwirkens der Systemelemente prägend und für die

Kybernetik der Informationsrückfluss des Systems über Rückkopplungen (vgl. Schoeneberg, 2014, S. 45 ff.).

Durch die Anwendung einer kybernetischen Systemtheorie, also sich ergänzenden Konzepten, und somit der Berücksichtigung von interdependenten, nicht-linearen und nicht mono-kausalen Zusammenhängen wird eine holistische Betrachtung ermöglicht. Damit bilden Systemtheorie und Kybernetik die Grundlage für die Methode „System Dynamics“, die unter 2.12 vorgestellt wird.

2.12. Die Methode System Dynamics

Jay W. Forrester entwickelte die Methode System Dynamics zur Modellierung, Simulation, Analyse und Gestaltung von dynamisch-komplexen Systemen basierend auf der Systemtheorie und der Kybernetik (vgl. Forrester, 1977). Ziel war es, dass der Mensch sein Verständnis und den Umgang mit dynamisch-komplexen Systemen verbessert (vgl. Kapmeier, 1999, S. 39 ff.). Systems Dynamics entwickelte sich zu einer universell einsetzbaren Methode zur ganzheitlichen Betrachtung von Problemstellungen. Diese Methode widmet sich der qualitativen, vor allem aber der quantitativen Modellierung und der numerischen Simulation von Systemen (vgl. Wagner 2002, S. 20 f). Wichtige Komponenten der Methode sind Bestands- und Flussgrößen, Rückkopplungen sowie zeitliche Verzögerungen.

Relevant in der systemisch-kybernetischen Analyse sind Rückkopplungen¹⁸, da diese eine zentrale Rolle in der Lenkung des Systemverhaltens spielen. Eine Rückkopplung bedeutet, dass die Output-Information einer veränderlichen Größe über mehrere weitere Größen wieder die ursprüngliche veränderliche Größe und somit sich selbst beeinflusst. Das bedeutet aber nicht, dass die ursprünglich ausgesendete Output-Information in der gleichen Form oder Stärke wieder als Input zurückkommt. Durch deren Betrachtung verwischt die klare Unterscheidung zwischen Ursache und Auswirkung. Aus diesem Grund lösen Rückkopplungen ein vorher schwer determinierbares Systemverhalten aus, welches die veränderlichen

¹⁸ Rückkopplungskreise entsprechen in der Graphentheorie einem gerichteten Zyklus (vgl. Aldous & Wilson, 2004, S. 95 ff.). Das Prinzip der Rückkopplung geht auf Norbert Wiener's Feedback (1961) zurück.

Größen beeinflusst. Diese können ein System einerseits destabilisieren, da eine sogenannte positive Rückkopplung zur Eskalation von Wachstum oder Regression führt und ohne Gegenwirkung letztendlich den Kollaps des Systems bewirkt. Andererseits stabilisieren sie, da eine sogenannte negative Rückkopplung neutralisierend und kompensierend wirkt. Um die Art der Rückkopplung zu charakterisieren, ist die Anzahl der in ihr vorhandenen negativen Beziehungen entscheidend. Systemisch betrachtet bedeutet negativ antiproportional und positiv proportional. Ist die Anzahl der negativen Beziehungen gerade, so ist die Rückkopplung insgesamt positiv. Ist dagegen die Anzahl der negativen Beziehungen ungerade, so ist die Rückkopplung insgesamt negativ. (Wagner, 2002, S. 34 ff.)

Ein Rückkopplungskreis kann alleine oder gemeinsam mit anderen in einem System vorkommen. Die daraus entstehenden Muster können sehr komplex in der Analyse werden, deren Verständnis dient jedoch dem Determinieren des Zustands des Systems. Nach Senge (1994; S.93 ff.) gibt es aber immer wiederkehrende Strukturmuster, die sich aus Rückkopplungskreisen und zeitlichen Verzögerungen zusammensetzen lassen. Diese Systemmuster, sogenannte Systemarchetypen, bilden ein Werkzeug der Kategorisierung und Typisierung von Systemen. Senge beschreibt die Struktur zehn solcher Systemarchetypen, wie diese zu verstehen und wie mit diesen umgegangen werden kann. Dies stellt somit ein nützliches und einfach anzuwendendes Instrument für den Umgang mit Systemen dar.

Qualitative und quantitative Modelle im System Dynamics werden entsprechend in Wirkungs- oder Flussdiagrammen dargestellt, die Kausalbeziehungen und Korrelationen zwischen den Elementen aufzeigen. Im Gegensatz dazu bilden Netzwerkdiagramme, welche auf der Graphentheorie aufbauen, Beziehungen jeglicher Art zwischen den Knoten ab.

Flussdiagramme dienen der quantitativen Berechnung von veränderlichen Größen, die durch konstante Größen beeinflusst werden. Das Flussdiagramm besteht aus Pfeilen und Objekten, die je nach Verhalten unterschieden werden. Unter den Objekten seien veränderliche und konstante genannt. Systemvariablen oder Bestände zählen zu den veränderlichen Größen (Objekte), die Einfluss nehmen und nur durch Material-, Energie-, oder Informationsflüsse beeinflusst werden können. Eine Bestandsgröße ist somit eine absolute Größe mit einem bestimmten Ausgangswert, welcher allein durch eine Flussgröße (Abfluss oder Zufluss in einer

bestimmten Zeit) beeinflusst werden kann. Damit ist eine Flussgröße eine relative Veränderung der Bestandsgröße über eine Zeiteinheit. Eigenschaften von Bestandsgrößen sind u. a. die Bildung von Trägheit und Gedächtnis, welche Verzögerungen sowie Ungleichgewichte ermöglichen. An diesen Größen kann der Zustand des Systems abgelesen werden. (Wagner, 2004, S. 36 ff.)

Es wird eine klare Unterteilung in Bestands- und Flussgrößen vorgenommen, welche die Berechnung des Verhaltens eines Systems ermöglicht. Bestandsgrößen werden als Rechtecke und Flussgrößen als dicke Pfeile mit einem Ventil dargestellt. Weitere Darstellungselemente sind zum Beispiel Hilfsvariablen und einfache Pfeile, die eine Beziehung zwischen den Darstellungselementen herstellen. (vgl. Wagner 2002, S. 31 ff)

Wirkungsdiagramme hingegen dienen der qualitativen Darstellung von Systemen und der Beziehung zwischen den einzelnen Elementen. Hier werden Fluss- und Bestandsgrößen gleich behandelt und gleich dargestellt. Für eine erfolgreiche Übertragung von einem Wirkungsdiagramm in ein Flussdiagramm muss also zuerst zwischen den beiden Größen differenziert werden.

Die Wirkungsdiagramme bestehen aus den Systemelementen und den Wirkungspfeilen. Die Systemelemente bilden gleichzeitig die Knotenpunkte des Systems ab. Die Wirkungspfeile verbinden die Systemelemente miteinander und stellen eine Beziehung dar. Die Beziehung zwischen zwei Elementen wird entweder als systemisch positiv oder negativ definiert. Aufgrund der Relationen zwischen mehreren Elementen können Wirkungskreise oder Rückkopplungen gebildet werden, die in ihrer Gesamtheit regulierend oder eskalierend wirken. Zusammenfassend ist diese Methode zur visuellen Darstellung und zur Beschreibung eines Systems geeignet (vgl. Wagner 2002, S. 28 ff). Eine qualitative Analyse allein kann allgemeine, aber wichtige Erkenntnisse zum Systemverhalten liefern.

2.13. Die Methode der Einflussmatrix oder Papiercomputer

Die Einflussmatrix oder Papiercomputer nach Vester (2000, S. 194 ff.) dient der qualitativen Analyse von Systemen, indem sie das individuelle Wirken der Systemelemente unter Berücksichtigung ihrer Einbettung zu erfassen ermöglicht. Daraus lassen sich die Rollen der Systemelemente ableiten und die Bedeutung dieser Rollen hinsichtlich der Einflussnahme, Beeinflussbarkeit sowie Beteiligung

am System gewinnen. Vorteilhaft an dieser Methode ist, dass sowohl eine qualitative als auch eine semiquantitative Datengrundlage verwendet werden kann. Die Einflussmatrix hat nicht die Aufgabe, exakte Berechnungen zu ermöglichen, sondern eher strukturiert und systematisch alle Kombinationsmöglichkeiten der Interdependenzen der Elemente nachvollziehbar aufzuzeigen, sowie die Charakterisierung der Elemente zu ermöglichen. Die Einflussmatrix lässt sich mit Formel 1 beschreiben:

$$(EM)_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nm} \end{pmatrix} \quad \text{Formel 1}$$

Wobei a die Interdependenzen, i die Zeilen- und j die Spaltenzahl bezeichnen. Die Anzahl der Elemente in der Matrix wird durch $m \cdot n$ angegeben.

Die Charakterisierung der Elemente erfolgt mit Hilfe der Berechnung der Aktivität, der Passivität, des Q-Werts sowie des P-Werts.

Die Aktivität α eines Elements i ist in Formel 2 definiert.

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad \text{Formel 2}$$

Die Passivität β eines Elements j ist in Formel 3 definiert.

$$\beta_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad \text{Formel 3}$$

Der Q-Wert Q eines Elements i ist in Formel 4 definiert.

$$Q_i = \frac{\alpha_i}{\beta_j} \quad \text{Formel 4}$$

Der P-Wert P eines Elements i ist wie in Formel 5 definiert.

$$P_i = \alpha_i \cdot \beta_j \quad \text{Formel 5}$$

2.14. Das Verhältnis von Netzwerk und System

Die Definition von Netzwerk und System in den vorangegangenen Abschnitten sind abstrakt und allgemein genug, sodass diese Definitionen in verschiedenen Disziplinen angewendet werden können. Für diese Arbeit steht das naturwissenschaftliche Verständnis von Systemen im Vordergrund. Dennoch soll in diesem Abschnitt ein Einblick in den Diskurs der Abgrenzung und des Verhältnisses zwischen System und Netzwerk, mithilfe eines sozialwissenschaftlichen Verständnisses präsentiert werden. Diese Entscheidung liegt darin begründet, dass sich die vorliegende Arbeit sozialwissenschaftlicher Methoden bedient.

Einer der bedeutendsten Systemtheoretiker der Soziologie ist Niklas Luhmann (1991; 1997), der vor allem im Zusammenhang mit der Netzwerkanalyse zu nennen ist. Grund dafür ist seine universelle Theorie, welche jegliches soziales System erfassen kann. Die hier verwendete Literatur zum Thema Netzwerke - u. a. von Stegbauer (2010), Holzer (2006) und Jansen (2006) - verweist auf die Theorie der sozialen Systeme. Auf dieser Theorie basieren theoretische Überlegungen der netzwerkanalytischen Methode. Demnach stehen aus soziologischer Sicht Netzwerke und Systeme in einer Beziehung, die bis heute nicht zu Ende definiert ist. Die Luhmannsche sozialen, autopoietischen¹⁹ Systeme basieren auf dem naturwissenschaftlichen Verständnis von Kybernetik und Systemtheorie.

Netzwerke und Systeme haben zwar Gemeinsamkeiten, können jedoch weiterhin differenziert werden. Ein Erklärungsversuch nach Holzer (2006, S. 104), beide Begriffe in Verbindung zueinander zu bringen, lautet: „Netzwerke sind [...] Formen sozialer Ordnungsbildung über reflexive Kontakte, die sich innerhalb und zwischen Systemen herausbilden“.

¹⁹ Autopoiesis bedeutete Selbstgestaltung und –organisation. Diese Systeme erzeugen nicht nur ihre Strukturen, sondern auch ihre Elemente selbst. Diese Theorie steht allerdings in Kritik.

Ein weiterer Erklärungsversuch will die Gesellschaft oder einen Staat als ein Konstrukt oder Objekt auf der Makroebene und die einzelnen Individuen als Mikroebene verstehen. Nach Luhmann können sich Systeme auf der Makro- und Mikroebene getrennt bilden. Daher haben sich verschiedene Disziplinen innerhalb der Sozialwissenschaften unabhängig voneinander diesen zwei Ebenen getrennt gewidmet. Dabei stellt sich die Frage, wie beide Ebenen in Verbindung zueinander gebracht werden können, da es offensichtliche Wechselwirkungen zwischen ihnen gibt. Diese Verbindung zwischen den Ebenen wird durch das Netzwerk hergestellt. Somit ist ein Netzwerk eine Mesoebene, die aus der Aggregation von Relationen zwischen Individuen besteht. (Jansen, 2006, S. 11 f.; Stegbauer & Häußling, 2010, S. 59 ff.)

Beide, Systeme und Netzwerke, verfügen über emergente Eigenschaften, die sich nicht allein aus ihren Einzelbestandteilen, etwa Elementen, erklären lassen, sondern aus deren Zusammenwirken. Für Netzwerke werden, um diesen Sachverhalt zu erklären, drei Modelle verwendet. Der strukturalistische Determinismus und der strukturalistische Instrumentalismus bilden dabei die zwei extremen Erklärungsansätze. Ersterer besagt, dass die Struktur die Elemente determiniert und Zweiterer, dass die Struktur lediglich ein Instrument für die Betrachtung der Elemente ist. Einen differenzierteren Erklärungsversuch liefert das dritte Modell, der strukturalistische Konstruktivismus, nach dem sich Beziehungen und Elemente eines Netzwerks wechselseitig konstituieren (vgl. Goodwin & Emirbayer, 1994, S. 1424 ff.). Im Gegensatz zu Netzwerken produzieren Systeme nach der Theorie der Autopoiesis nicht nur ihre Strukturen, sondern auch ihre Elemente selbst (vgl. Varela, Maturana, & Uribe, 1974) und sind strukturdeterminiert²⁰ (vgl. Aderhold & Jutzi, 2003, S. 130 ff.). (Kneer & Nassehi, 1993, S. 47 ff.)

²⁰ Ein autopoietisches System ist selbstreferentiell, autonom, selbst-herstellend und abgeschlossen gegenüber der Umwelt. Seine Struktur- und Zustandsänderungen geschehen aufgrund dessen Strukturdeterminismus systemabhängig und

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Begrenzung von Systemen. Dies ist aufgrund ihrer Selbstreferenzialität²¹ klar gegeben und identitätsstiftend. Dagegen wird die Begrenzung von Netzwerken kontrovers diskutiert (vgl. Hasenmüller, 2013, S. 63 f.; Holzer, 2006, S. 93 ff.). Systeme brauchen für ihre Existenz eine klare Abgrenzung zu ihrer Umwelt, Netzwerke hingegen haben nach White (1995, S. 1039) keine Grenzen. Der Sammelband „Grenzen von Netzwerken“ von Roger Häußling (Hrsg.) kann zur Vertiefung empfohlen werden.

Ein weiterer Unterschied in der Betrachtung von Systemen und Netzwerken sind die kausalen Beziehungen der Elemente im System, während in Netzwerken relationale Beziehungen zwischen den Elementen vorherrschen.

Nach Luhmann (1991; 1997) entsteht ein soziales, autopoietisches System sobald Kommunikation stattfindet. Dabei bestimmt Ego (der Empfänger) und nicht Alter (der Sender), ob es sich um Kommunikation handelt (Selektion der Annahme durch Ego, gleichbedeutend mit verstehen). Der (Kommunikations-)Sinn grenzt das System von seiner Umwelt ab, hierfür benötigt es also keine räumliche Trennung. Ist die Kommunikation einmal hergestellt, bleibt das System zwischen den Elementen bestehen und kann lediglich als eine Art der Deaktivierung ruhen. In der Netzwerkanalyse dagegen ist die Frage nach der Entstehung von Netzwerken zweitrangig. Netzwerke produzieren weder ihre Elemente noch die Relationen, welche zwischen diesen existieren. Elemente und Relationen sind in Netzwerken

systembedingt und werden nicht von der Umwelt determiniert. Das System ist trotz Autonomie (das System bestimmt über den Kontakt) nicht autark, da es Kontakt mit der Umwelt braucht. Die Umwelt kann lediglich ein Auslöser für nicht vorherbestimmte Prozesse im System sein. Die von der Umwelt ausgehenden Irritationen im System können als Informationen und Ressourcen verwendet werden. Paradoxe Weise ist die (operative) Geschlossenheit von Systemen die Bedingung für ihre Offenheit gegenüber der Umwelt.

²¹ Selbstreferenzialität bedeutet Selbstorganisation und Selbstbestimmung. Selbstreferentielle Systeme sind nicht automatisch autopoietisch. Durch die auf sich beziehenden Operationen oder Aktionen im System geschieht eine Grenzziehung gegenüber der Umwelt.

einfach vorhanden, allerdings führen beide eine selektive Verknüpfung von Elementen durch.

Netzwerke bauen zwar auf Aspekten der Systemtheorie auf, sie fügen jedoch eigene Theorien hinzu, wodurch ein Netzwerk einen Systemcharakter aufweisen kann. Im Falle von Kommunikation zwischen den Elementen kann ein Netzwerk eine Vielzahl sozialer Systeme enthalten, wird aber dadurch nicht selbst zu einem System.

Die Kommunikation im System stellt außerdem ein dichotomes Ereignis dar, in dem es weniger um den tatsächlichen Inhalt oder die Häufigkeit der Kommunikation geht. Dabei sind die Elemente im System, zwischen denen Kommunikation stattfindet, weniger mit einer konkreten Identität versehen. In der Netzwerkanalyse hingegen geht es um Elemente, die eine Identität haben, deren Beziehung nicht zwangsläufig Kommunikation darstellt und die es zu quantifizieren gilt. Im Netzwerk kann somit von einer Einzigartigkeit der Elemente aufgrund ihrer Identität gesprochen werden und in einem System dagegen kann ein Element die Funktion eines anderen leichter übernehmen. Das soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. Ein Chef (Funktion) kann beliebig oft und relativ einfach ersetzt werden, jedoch nicht die Person (Identität), da Letzterer ein einzigartiges Subjekt darstellt. Deshalb bestimmt in einem System im Gegensatz zum Netzwerk die Funktion die Struktur (funktional-strukturell). In einem System ist somit die Funktion der Elemente vorrangig und nicht die Erhaltung einer bestimmten Struktur. So können beliebig neue und andere Strukturen im System entstehen, um funktional zu sein. Gemeinsam ist beiden allerdings die Organisation sozialer Komplexität. (Stegbauer, 2010, S. 155 ff.; Holzer, 2006, S. 93 ff.)

Die Vereinbarung und die Verbindung der Forschungsergebnisse und –erkenntnisse sowie die bessere Abgrenzung zwischen Netzwerk und System ist Teil der heutigen Forschungsaufgaben. In dieser Arbeit wird nicht weiter auf die Differenzen oder Gemeinsamkeiten zwischen einem Netzwerk und einem System eingegangen, sondern vom Potential profitiert, das ihre jeweilige Operationalisierung beherbergt. Bspw. kann die Netzwerkanalyse für die Untersuchung der Struktur und Positionen und System Dynamics für die Untersuchung des Systemverhaltens und der Regelkreise genutzt werden. Wichtig ist, dass beide Methoden ein lineares und monokausales Denken überwinden und sich emergente Eigenschaften eines Beziehungsgeflechts untersuchen lassen. Der Untersuchungsgegenstand, die

Verflechtung von Risiken, kann somit mit beiden Methoden untersucht werden und deren Ergebnisse ergänzen sich gegenseitig.

2.15. Verwendete Software

Für die Netzwerkanalyse sowie für System Dynamics gibt es eine Vielzahl von Anwendungen. Die verwendete Software wurde aufgrund von Empfehlungen aus der Literatur ausgewählt. Im Fall von UCINET zur Netzwerkanalyse basiert die Empfehlung auf folgende Bücher: Scott, 2000; Carrington, Scott, & Wasserman, 2005; Jansen, 2006; Stegbauer & Häußling, 2010 und Trappmann, Hummell, & Sodeur, 2011.

UCINET 6: Software for Social Network Analysis von Analytic Technologies ist eine rechnergestützte Anwendung, welche das Erstellen und Untersuchen von Netzwerken mit Hilfe einer Großzahl an integrierten Routinen ermöglicht. Die Netzwerkdaten werden in Matrizenform über eine Tabelle in das Programm eingespeist und daraus kann unter anderem die Berechnung der Zentralitätsmaße und Dichte ausgeführt werden. UCINET ermöglicht neben vorprogrammierten Analysen auch das Einbinden eigener Analyseschritte. Über das integrierte NetDraw Zeichenprogramm lassen sich Graphen visuell darstellen. NetDraw verfügt selbst über Routinen, um aus Graphen bestimmte Metriken zu bestimmen. UCINET zeigt seine Stärke vor allem bei der Berechnung von Metriken und wird in dieser Ausarbeitung dafür verwendet.

Für das Zeichnen der Graphen wird auf das Add-In Programm NodeXL von Social Media Research Foundation zurückgegriffen. Das Add-In stellt eine Erweiterung für das Tabellenkalkulationsprogramm Excel von Microsoft Corporation dar. NodeXL erlaubt neben dem einfachen Importieren und Exportieren von Daten anderer Anwendungen auch das einfache Bearbeiten von Netzwerkdaten. Das Programm ist anwenderfreundlicher als UCINET, aber dafür nicht so stabil und funktionsmächtig. Die Anwendung NodeXL wird aufgrund des Visualisierungsansatzes „Fast Multi-scale“ Algorithmus nach Harel-Koren angewendet. Dieser Algorithmus versucht die Pfeile gleich lang darzustellen und gleichzeitig Überschneidungen unter den Pfeilen so weit wie möglich zu vermeiden. Daraus resultiert eine ansprechende visuelle Darstellung von Netzwerken. (Harel & Koren, 2001)

Bei der Anwendung Vensim von Ventana Systems Inc. handelt es sich um ein rechnergestütztes Instrument zur Erstellung von Wirkungsdiagrammen oder Flussdiagrammen und zur Simulation des Verhaltens letzterer.

Die Erstellung erfolgt mit Hilfe der Benutzeroberfläche, zunächst visuell nach den Prinzipien von „System Dynamics“. Dabei ist es wichtig, die Art der Variablen und die Art der Beziehungen zwischen den Variablen vorher festzulegen. Nach Eingabe der Systemstruktur kann Vensim durch Eingabe der Formeln für die Variablen und Wirkungsbeziehungen numerische Modellierungen über bestimmte Zeitintervalle durchführen. Die Aspekte, die für Vensim im Vergleich zu anderer Software sprechen, sind der „Reality Check“, die „Casual Tracing“ Option, die einfache „Live-Simulation“ und die freie Lizenz für den privaten und wissenschaftlichen Gebrauch. Der Reality Check ermöglicht das Überprüfen der Konformität zwischen dem erstellten Modell und den Erwartungen an ein sinnvoll funktionierendes Modell. Diese Option soll zur Validierung des Modells beitragen. Casual Tracing visualisiert automatisch entweder die direkt beeinflussenden oder die direkt beeinflussten Variablen eines gewählten Systemelements.

3. Methodik

3.1. Allgemeines

Die Standard Risikomanagementansätze sind, wie im Abschnitt Risikomanagement und Risikoverständnis im NaCoSi Projekt dargestellt, unzureichend. Die interdependenten Beziehungen der Risiken und deren Verflechtung werden außer Acht gelassen. Die Anwendung systemischen und netzwerkanalytischen Denkens durch die Methode der Einflussmatrix, System Dynamics und der Netzwerkanalyse bieten den Vorteil, komplexe Problemstellungen zu überblicken und so zur besseren Entscheidungshilfe beizutragen. Bessere Entscheidungen lassen sich allgemein durch eine bessere Kenntnis der Folgenabschätzung erreichen.

Aus den vorgegebenen Daten wird ein Modell erstellt und mit Hilfe der Netzwerkanalyse und der Einflussmatrix sowie einem qualitativen System Dynamics untersucht. Dabei wird nicht auf die Problematik eingegangen, ob es sich bei der vorliegenden Datengrundlage eher um ein Netzwerk oder ein System handelt. Vielmehr wird die Operationalisierung der Theorie der Netzwerke und Systeme zur Gewinnung einer neuen Perspektive über die Risikobeziehungen des Relationsgefüges in den Vordergrund gestellt.

Die Datengrundlage aus dem Projekt NaCoSi besteht aus Wirkungspfaden und diese bestehen ihrerseits aus den Elementen Ursache, Auswirkung und Nachhaltigkeitsziel²². Die Ursache einer Nachhaltigkeitsgefahr wird definiert als „das letzte Ereignis in einer Kausalkette, welches eine Auswirkung im System Siedlungswasserwirtschaft nach sich zieht. Ursachen können systemintern oder – extern sein.“ (Eller & Perz, unveröffentlicht). Eine Auswirkung wird definiert als der beobachtbare „Effekt einer Ursache innerhalb des Systems Siedlungswasserwirtschaft.“ (Eller & Perz, unveröffentlicht). Ein Nachhaltigkeitsziel der Siedlungswasserwirtschaft wird nach Eller & Perz (unveröffentlicht) folgendermaßen beschrieben:

²² Im Folgenden wird das Wort Ziel auch synonym für Nachhaltigkeitsziel verwendet.

„Um Nachhaltigkeit im System Siedlungswasserwirtschaft zu operationalisieren, wurden konkrete, auf die Siedlungswasserwirtschaft bezogene Nachhaltigkeitsziele formuliert. Die gleichzeitige, umfassende Erfüllung aller Nachhaltigkeitsziele würde einen nachhaltigen Zustand des Systems bedeuten. Umgekehrt bedeutet dies, dass eine Abweichung von diesen Zielen einer Beeinträchtigung der Nachhaltigkeit des Systems gleichkommt.“.

Die Risikohöhe ist im NaCoSi Projekt so definiert, dass sich diese auf den gesamten Wirkungspfad bezieht. Das bedeutet, dass die Risikohöhe sowohl die Beziehung zwischen Ursache und Auswirkung, als auch die Beziehung zwischen Auswirkung und Ziel widerspiegelt. Für die Anwendung der ausgewählten Methoden ist aber die einzelne Beziehung zwischen den Elementpaaren ausschlaggebend. Um die Wirkungspfade zu einem Beziehungsgeflecht zu erweitern und damit das Modell für die Analyse bilden zu können, wird die Risikohöhe eines Wirkungspfades zur Beschreibung der einzelnen Pfadbeziehungen als Annahme getroffen.

Abbildung 8 zeigt die getroffene Annahme.

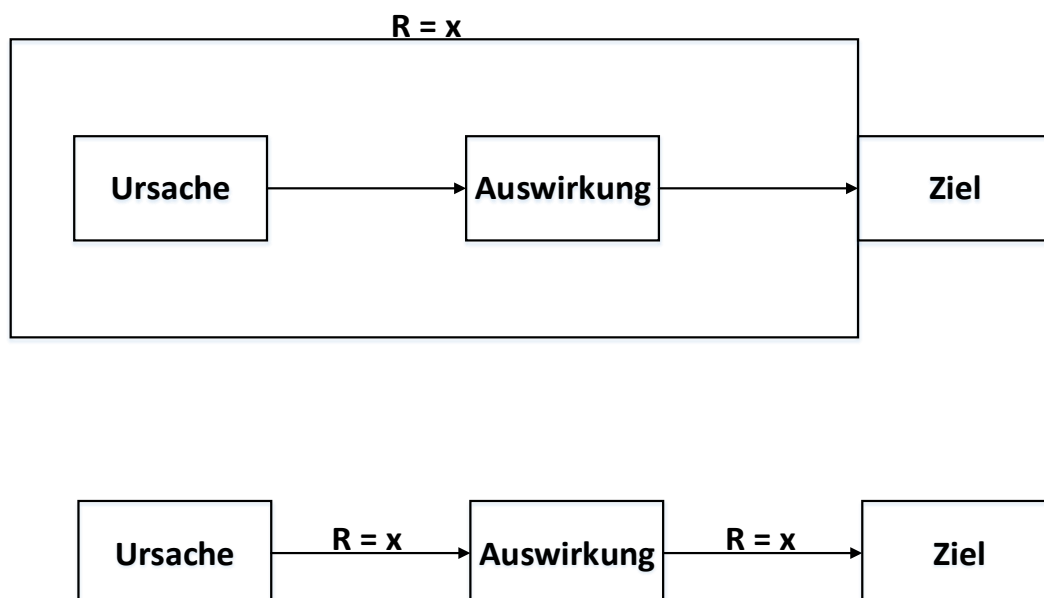


Abbildung 8: Oben: Verständnis der Risikohöhe im NaCoSi Projekt
 Unten: Annahme für die Modellierung der Risikohöhe in diese Ausarbeitung

In der Datengrundlage tauchen zwischen den Elementpaaren mehrfache Beziehungen auf, was auf die Art der Datenerfassung zurückzuführen ist. Diese

quasi multiplen Beziehungen sind Artefakte, welche als eine einfache Beziehung zu werten sind. Durch die Definition und Zuordnung der Risikohöhe auf die einzelnen Pfadbeziehungen erhalten diese „quasi-Beziehungen“ eine Gewichtung. In diesen Fällen der quasi multiplen Beziehungen zwischen den gleichen Elementpaaren, wie bspw. in Abbildung 9 dargestellt, wird deren Risikohöhe addiert.

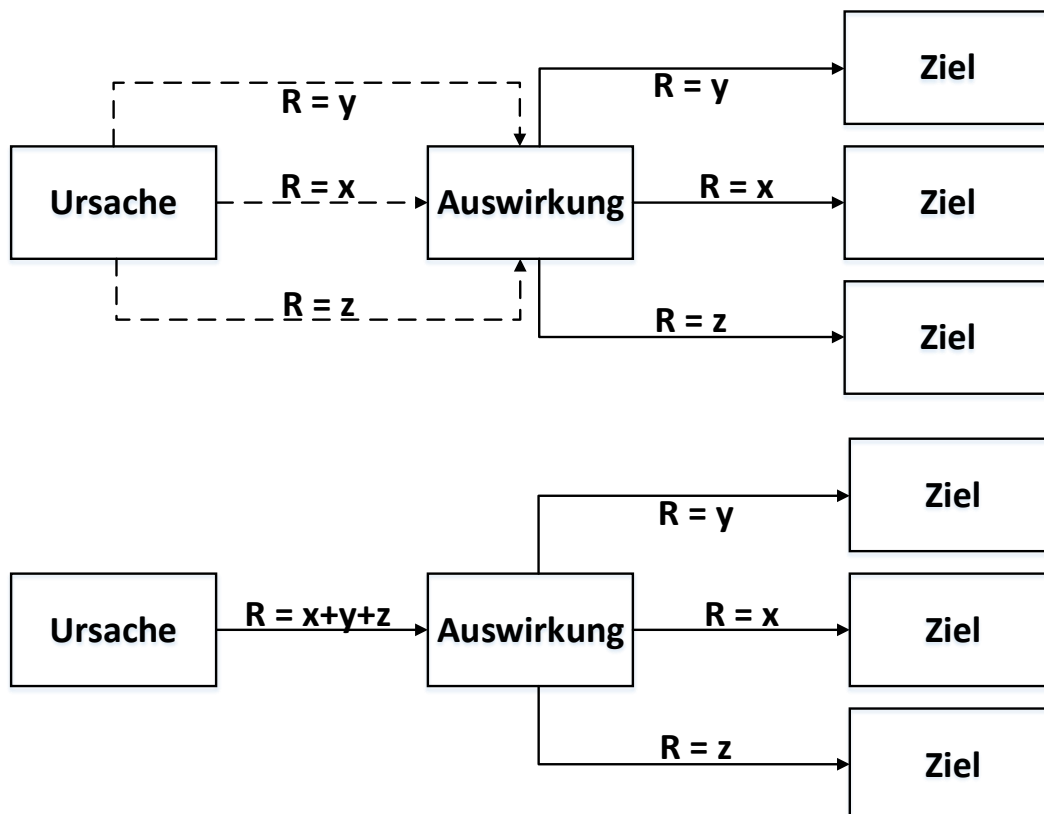


Abbildung 9: Oben: Multiple quasi Beziehungen (gestrichelt)
 Unten: Zusammengefasste Risikohöhe

Diese Zusammenfassung ermöglicht, dass der Informationsgehalt über die Risikohöhe der einzelnen Pfadbeziehungen im Gesamtwirkungspfad nicht verloren geht. Gleichzeitig führt das auch zu einer stärkeren Gewichtung der betroffenen Einzelbeziehungen. Dieses Vorgehen ist nicht nur für die Modellierung, sondern auch für die Berechnungen mit der vorgestellten Software erforderlich und betrifft vor allem die Untersuchung mit den unternehmensspezifischen Daten.

Die Grundlage für das Modell bilden bewertete und signifikante Wirkungspfade²³, bestehend aus den Elementen Ursache, Auswirkung und Ziel. Diese Elemente stehen in kausalen Beziehungen zueinander. Die daraus gewonnenen linearen Pfade werden zu einem Geflecht erweitert und können dadurch mit den gewählten Methoden untersucht werden.

Für die Untersuchung werden die Daten in eine Matrix überführt und zur Visualisierung in einem Graph dargestellt. Beide Formen der Darstellung beschreiben die gleiche Information haben aber jeweils andere Vorzüge. Die Matrizenform erlaubt Berechnungen und die Graphdarstellung erleichtert die Visualisierung und die Deutung.

Die vorliegenden Daten lassen sich mit einem einfachen, gerichteten Graph abbilden. Einfach und gerichtet heißt, dass keine mehrfachen Kanten zwischen den Elementpaaren vorliegen und ihre Relation eine Richtung hat. Ein Graph $G = (V, E)$ besteht aus einer Menge V von Elementen²⁴ und einer Menge E von Kanten, die die Beziehung unter den Elementen darstellt (vgl. Jansen, 2006, S. 93). Die Anzahl der Elemente wird $N = |V|$ und die Anzahl der Kanten wird $M = |E|$ bezeichnet. In einer gerichteten Beziehung besteht die Kantenmenge aus geordneten Elementpaaren, für die gilt: $E \subseteq V \times V = \{(u, v): u, v \in V\}$. Eine gerichtete Beziehung zwischen zwei Elementen (Sender \rightarrow Empfänger) wird in einem Graph durch einen Pfeil dargestellt. (Stegbauer & Häußling, 2010, S. 346 f.)

Derselbe Informationsgehalt lässt sich, wie bereits erwähnt, mathematisch in einer Matrix darstellen. Diese Darstellungsform macht die Berechnung der Daten überhaupt erst möglich. Die Menge der $m \times n$ -Matrizen wird mit der Bezeichnung $M(m, n)$ abgekürzt, dabei sind m die Zeilen und n die Spalten. Eine Matrix X hat

²³ Auf den Sachverhalt der Bewertung und der Signifikanz wird im Kapitel 4.1 eingegangen.

²⁴ Knoten eines Netzwerks und Systemelemente können als dasselbe Objekt, welches in einem anderen Licht betrachtet wird, verstanden werden. Der Autor benutzt das Wort Element und Knoten im Folgenden synonym, jedoch muss der Kontext ihrer Verwendung berücksichtigt werden.

die Einträge X_{ij} . Für die Einträge der Zeilen werden i und für die Einträge der Spalten j als Indizes eingesetzt. Im Falle einer gerichteten Beziehung werden normalerweise in den Zeilen die Senderelemente und in den Spalten die Empfängerelemente eingetragen. Die Reihenfolge der Elemente ist in der Kopfzeile und Vorspalte dieselbe.

In einer Matrix wird eine realisierte Verbindung mit einer Eins und eine nicht realisierte Verbindung mit einer Null dargestellt. Im Falle einer Gewichtung der Beziehung wird analog der Darstellung des binären Systems vorgegangen. Ein Beispiel für die fiktiven Elemente A, B und C kann aus der Abbildung 10 entnommen werden. (Stegbauer & Häußling, 2010, S. 93 ff.)

	A	B	C
A	0	1	1
B	1	0	1
C	1	0	0

	A	B	C
A	0	3	1
B	4	0	2
C	7	0	0

Abbildung 10: links binäre und rechts gewichtete Matrix

Nach diesem Beispiel beeinflusst bspw. A das Element B, und C und wird wiederum durch B und C beeinflusst. Das gilt sowohl in der binären, als auch in der gewichteten Matrix.

Die Verwendung von Matrizen zur Berechnung ist notwendig und hilfreich, aber bei größeren Datenmengen sehr aufwendig. Aus diesem Grund werden rechnergestützte Programme zur Berechnung eingesetzt.

Für die Anwendung der Methoden werden folgende Annahmen getroffen: Die Elemente im Geflecht sind die Ursachen, die Auswirkungen und die Nachhaltigkeitsziele. Ihre Position und Rolle im Geflecht ist teilweise durch ihre Definition und Konzeption im Projekt determiniert. Darüber hinaus werden die Elemente sowie die Quantität ihrer Beziehungen für die vorliegende Untersuchung als statisch und stabil angenommen. Die Qualität der Risikobeziehungen (die Risikohöhen) zwischen den Elementen wird dagegen als dynamisch angenommen. Somit werden bei den folgenden Analysen die statischen, stabilen Strukturen, sowie eine Momentaufnahme der Intensität der Relationen betrachtet.

3.2. Netzwerkanalyse

Die gewählte Analyseebene ist die des Gesamtnetzwerks. Dort stehen die Knoten, aufgrund der Wirkungszusammenhänge, in einer gerichteten Beziehung. Die Elemente im Netzwerk sind die Ursachen, die Auswirkungen und die Nachhaltigkeitsziele. Diese werden im Graph als Knoten dargestellt. Ihre Position und Rolle im Netzwerk ist teilweise determiniert. Außerdem werden die Knoten und die Quantität ihrer Beziehungen für die vorliegende Untersuchung als statisch und stabil angenommen. Die Qualität der Risikobeziehungen wird hingegen zwischen den Knoten als dynamisch angenommen. Bei der folgenden Analyse werden somit die statischen, stabilen Strukturen, sowie eine Momentaufnahme der Risikohöhen betrachtet.

Aufgrund der Positionen der Knoten in einem Netzwerk entstehen strukturelle Muster, deren Untersuchung im Mittelpunkt der positionellen Untersuchung eines Netzwerks stehen. Dabei gibt es Maße, die das ganze Netzwerk (Struktur) und andere, die die Elemente (Positionen) untersuchen. Aus den positionellen Untersuchungen können allerdings auch Rückschlüsse auf das gesamte Netzwerk geschlossen werden. Die Metriken von Elementen sind daher in der Netzwerkanalyse von großer Bedeutung. Diese elementbezogenen Metriken dienen der Berechnung der sogenannten Zentralität der Knoten und beantworten damit die Frage nach ihrer Relevanz. Die festgestellten relevanten Elemente führen in Verbindung mit ihren Risikobeziehungen zu einer besseren Abschätzung des Geflechszustands.

Für Zentralität und für Zentralitätsmaße gibt es keine allgemein gültige Definition (vgl. Brandes & Erlebach, 2005, S. 19). Die strukturelle Eigenschaft Zentralität ist als Indiz zu bewerten, welches sich in einer strategischen Position im Netzwerk begründet. Die Zentralität von Elementen kann deshalb nur die Einflussmöglichkeiten unter dem jeweils verwendeten Konzept widerspiegeln. Die Zentralität hängt somit stark von einer methodenabhängigen Gewichtung der Lage der Elemente im Netzwerk ab. Aufgrund dieser variablen Konzeptabhängigkeit ist die Auffassung von Zentralität kritikwürdig. (Stegbauer & Häußling, 2010, S. 365 ff.; Trappmann, Hummell, & Sodeur, 2011, S. 27 ff.)

Die Zentralitätsmaße sind verschiedene Messkonzepte, die unterschiedliche Aspekte der positionellen Zentralität eines Knoten beleuchten (vgl. Stegbauer & Häußling, 2010, S. 340). Sie erlauben eine Vergleichbarkeit der relativen

strukturellen Position von Elementen im Netzwerk. Somit betrifft die Zentralität nicht direkt das Netzwerk, da sie durch die gegebene Beziehungsstruktur entsteht und sich auf die einzelnen Elemente bezieht. Die meist genutzten Maße der Netzwerktheorie, Degree, Closeness und Betweenness werden im Laufe des Kapitels vorgestellt. Diese repräsentieren eine bestimmte Vorstellung von Zentralität, welche nach Stegbauer (2010, S. 264) auf die konzeptionellen Grundkategorien Aktivität (Degree), Effizienz (Closeness) und Kontrolle (Betweenness) zurückgeführt werden können. Neben diesen Maßen gibt es eine Fülle weiterer Maße. Außerdem bietet die Graphentheorie weitere Ansätze für die Informationsgewinnung aus Graphen. Die Beschränkung auf die genannten Maße lässt sich u. a. mit der Aussage begründen: „Bei aller Einfachheit und Eleganz des mathematischen Arsenalts zur Untersuchung von Netzwerken darf nicht vergessen werden, dass diese erst im Zusammenspiel mit theoretischen Annahmen ihren Sinn und eine Erklärungskraft ergeben.“ (Stegbauer & Häußling, 2010, S. 129).

Im Folgenden werden die für die Untersuchung der Datengrundlage gewählten Maße der Netzwerkanalyse vorgestellt und deren Aussagekraft im Zusammenhang dieser Arbeit erläutert.

3.2.1. Dichte eines gerichteten Graphen

Die Dichte eines Netzwerkes entspricht der Kompaktheit und der Länge der „Wege“, also der Verbundenheit zwischen den Elementen. Diese Maßzahl hilft bei der Einschätzung der Verbreitungsgeschwindigkeit von Informationen in einem Netzwerk. Damit gilt, dass eine höhere Dichte zu einer schnelleren Ausbreitung von Informationen führt. Die Netzwerkdichte ist durch das Verhältnis zwischen der Menge an realisierten Beziehungen zu den überhaupt möglichen definiert, wie Formel 6 zu entnehmen ist.

$$D(G) = \frac{\sum_{i,j}^N x_{ij}}{N*(N-1)} \quad \text{Formel 6}$$

Somit gilt für den Wertebereich der Dichte: $D(G) = \{x \mid 0 \leq x \leq 1\}$. Die Dichte ist ein relatives Maß, welches stark vom Inhalt und von der Größe des Netzwerks abhängt. (Jansen, 2006, S. 94 f.)

In einem Netzwerk, dessen Beziehungen aus Risiken bestehen, beschreibt eine hohe Dichte eine schnelle Verbreitung von Risikoinformationen, welche zur Abweichung des Soll-Zustands der Ziele führt. Die Einflussfaktoren der Größe und des Inhalts für die Determinierung, ab wann ein Netzwerk als dicht zu erachten ist, können im vorliegenden Fall nicht etwa mit den Annahmen der Sozialwissenschaften gleich gesetzt werden. Diese gehen davon aus, dass in kleinen Netzwerken höhere Dichten als in großen vorherrschen können. Die Elemente im Risikonetzwerk sind keine Akteure mit begrenzten Ressourcen, wie etwa Personen, die nur eine begrenzte Anzahl an Beziehungen aufgrund des dafür benötigten Aufwands pflegen können. Das bedeutet, dass die Anzahl der Beziehungen, die sie ausbilden können, theoretisch dem Maximum der möglichen Relationen entspricht. Die vorhandenen Elemente allerdings können aufgrund ihrer Wirkungsbeziehungen nicht zu jedem der anderen Elemente eine argumentativ logische Beziehung haben. Es wird deshalb angenommen, dass für das vorliegende Netzwerk der Faktor Größe nur eine untergeordnete Rolle spielt. Beim Faktor Inhalt ist es schwer einzuschätzen, ob aufgrund der vorhandenen Risikobeziehungen zwischen den einzelnen Elementen von einer nahen Verbundenheit (wie im Falle eines Freundschaftsnetzwerks) ausgegangen werden kann. Für die Beschreibung der Verbundenheit zwischen den Elementen erscheint die Eintrittswahrscheinlichkeit (steht über $R = W \cdot A$ in Beziehung zur Risikohöhe) daher geeigneter, jedoch ist diese für jede Beziehung unterschiedlich und damit nicht für das gesamte Netzwerk gültig. Somit kann der Einfluss des Faktors Inhalt für das vorliegende Netzwerk nicht beantwortet werden.

Nach Jansen (2006, S. 95) kann ein Dichtewert von mindesten 0,4 für ein kleines Netzwerk bereits ein Indiz für Kohäsion sein. Dieser Wert wird daher als Richtwert für weitere Betrachtungen angenommen, da unter der genannten sozialwissenschaftlichen Annahme der Wert für große Netzwerke in der Regel kleiner sein sollte.

3.2.2. Zentralitätsmaß: Grad eines Knoten (Degree)

Das Zentralitätsmaß Grad oder „Degree“²⁵ dient der Charakterisierung der Einbettung eines Knotens und seiner direkten Beziehungen. Damit dient dieses Maß der Aufdeckung von lokal zentralen Elementen. Jedes Element oder jeder Knoten ist direkt mit anderen verbunden (nicht verbundene Elemente werden hier nicht betrachtet). Die Anzahl der mit einem Element direkt verbundenen Elemente bestimmt seinen Degree (Grad der Verbundenheit).

Im Fall der gerichteten Beziehungen wird zwischen „Indegree“ (Eingangsgrad) und „Outdegree“ (Ausgangsgrad) unterschieden. Das sogenannte Indegree oder Prestige, Formelzeichen id , eines Elementes beschreibt die Menge an eingehenden Verbindungen. Dieses lässt sich über die Summe der Einträge der Spalte des jeweiligen Elements in einer Matrix, siehe Formel 7, bestimmen.

$$id_j = \sum_{i=1}^N x_{ij} = x_j \quad \text{für } i \neq j \quad \text{Formel 7}$$

$$od_j = \sum_{i=1}^N x_{ij} = x_i \quad \text{für } i \neq j \quad \text{Formel 8}$$

Das sogenannte Outdegree, Formelzeichen od , hingegen ist die Anzahl der ausgehenden Beziehungen. Dieses lässt sich über die Summe der Einträge der Zeile des jeweiligen Elements in einer Matrix, siehe Formel 8, berechnen. Im ersten Fall kann das Indegree als die Beeinflussung, unter der ein Element steht, und das Outdegree als der Einfluss, welcher ein Element ausübt, verstanden werden. (Jansen, 2006, S. 103 ff.)

²⁵ Degree Konzept nach Freeman (1978)

Der Größeneffekt eines Netzwerks kann reduziert werden, indem das Degree eines einzelnen Elements durch das höchstmögliche Degree ($N-1$) dividiert wird, daraus resultiert das standardisierte Degree. Dadurch kann zwischen Netzwerken verglichen werden.

Ein großer Kritikpunkt des Degree-Maßes ist, im Gegensatz zu der Closeness Zentralität (siehe 3.2.3), dass nur die direkten Beziehungen eines Elementes berücksichtigt werden. Der Einfluss eines Elements im Netzwerk wirkt jedoch über die direkten Beziehungen, die es besitzt, hinaus. Ein weiterer Kritikpunkt des Degrees ist, dass mögliche redundante Beziehungen nicht berücksichtigt werden. In den Sozialwissenschaften wird davon ausgegangen, dass Elemente, welche in einer engen Beziehung zueinander stehen über einen ähnlichen Informationsstand verfügen. Neue Informationen können dadurch nur über indirekte Beziehungen gewonnen werden, welche vom Degree unbeachtet bleiben.

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben im Risikonetzwerk Ursachen ein Outdegree, Ziele ein Indegree und Auswirkungen beides. Da die betrachteten Beziehungen Risiken darstellen, kann nicht von einer Redundanz an Information gesprochen werden. Im Gegenteil, mehr Beziehungen führen zu mehr risikobehafteten Informationen. Interessant ist daher für die Untersuchung, welche Elemente am meisten beeinflussen oder beeinflusst werden, und mit welcher Intensität (mit Hilfe der Risikohöhe bestimmbar) sie das tun. Mit Hilfe dieses Maßes können die lokal aktivsten Ursachen und die am meisten betroffenen Ziele erkannt werden, um daraus gezielte Maßnahmen zur Risikobekämpfung ableiten zu können. Für den Fall, dass die Ursachen sich nicht beseitigen oder minimieren lassen, kann eine Mitigations- oder Adaptationsstrategie erfolgen, um die Abweichung der Ziele dennoch auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

3.2.3. Zentralitätsmaß: Nähebasierte Zentralität (Closeness)

Das Konzept der Closeness²⁶ Zentralität beschreibt die Wichtigkeit von Elementen, die sich aufgrund ihrer Position nah an allen anderen befinden, daher werden auch indirekte Beziehungen berücksichtigt. Diese indirekten Relationen sind zwar schwächer und anfälliger, dafür kosten diese aber weniger Ressourcen als direkte Relationen. Dieses Maß erfasst somit die Effizienz eines Elementes gegenüber den anderen Elementen. Diese Effizienz ist zu verstehen als die Möglichkeit eines Elementes, über indirekte Beziehungen, welche leichter aufrechtzuerhalten sind, Informationen zu bekommen oder zu verbreiten. Elemente mit einem hohen Closeness gelten deshalb nicht nur lokal, sondern auch global als zentral. Das hierfür angewendete Maß ist die Pfaddistanz (Nähe). (Trappmann, Hummell, & Sodeur, 2011, S. 27; Stegbauer, 2010, S. 264; Jansen, 2006, S. 133 f.)

Die Pfaddistanz, Formelzeichen d , oder geodätische Distanz, aus der Graphentheorie beschreibt den kürzesten Weg zwischen Elementen. Ein Weg in einem Graph ist die zusammenhängende Abfolge von Elementen und Kanten, welche mit einem Knoten anfängt und endet. Der Pfad eines Graphen ist ein Weg, bei dem kein Knoten wiederholt vorkommt. Die Pfaddistanz ist der kürzeste Pfad zwischen Elementen, dabei entspricht die Länge der Anzahl der Kanten im Pfad. Im Fall einer gerichteten Beziehung zwischen Elementen wird die Richtung der Beziehung zur Wegbildung respektiert. (Wasserman & Faust, 1994, S. 105 ff.)

Die Closeness Zentralität eines Elements ist die durchschnittliche Länge aller kürzesten Wege (Pfade) zu jedem anderen Knoten. Das Closeness eines Elementes ermöglicht somit eine effiziente Verteilung und den Empfang von Informationen im Netzwerk.

Bei der vorliegenden Datengrundlage handelt es sich allerdings um ein unverbundenes Netzwerk. In einem unverbundenen Netzwerk besteht nicht zwischen jedem Elementpaar eine Verbindung. Gesetzt den Fall, dass ein Element keine Beziehung zu einem anderen Element hat, so wird seine Closeness, da $d = \infty$,

²⁶ Closeness Konzept nach Freeman (1978)

als unendlich betrachtet. Aus diesem Grund lässt sich die Closeness Zentralität für die Akteure eines unverbundenen Netzwerks nicht ohne weiteres berechnen. In der Literatur wird als Abhilfe u. a. das Weglassen der betroffenen Elemente für die Berechnung oder das Setzen der Pfaddistanz auf einen bestimmten Wert vorgeschlagen (vgl. Wasserman & Faust, 1994, S. 200 f.). Ersteres kann sinnvollerweise nicht für den vorliegenden Fall angewandt werden, denn das Weglassen von Elementen hat eine Verfälschung der Zentralität der übrigen Elemente zur Folge.

Für den Fall einer nicht vorhandenen ein- oder ausgehenden Beziehung, $d = \infty$, erlaubt die Anwendung UCINET das Ignorieren dieser Beziehung oder das Setzen der Distanz auf einen Wert. In diesem Fall wird für die nachfolgende Analyse der jeweilige Closeness Wert gleich Null gesetzt.

Das Programm UCINET berechnet die Nähe eines Elements zu allen anderen als den Kehrwert der Summe aller Pfaddistanzen nach Formel 9.

$$C(x) = \frac{1}{\sum_y d(y,x)} \quad \text{Formel 9}$$

Die Kehrwertbildung dient dazu, dass je zentraler ein Element ist, desto höher sein Wert wird. Im Falle eines gerichteten Netzwerks berechnet UCINET nach Formel 9 ein Incloseness für eingehende und ein Outcloseness für ausgehende Beziehungen. Bei gemeinsamer Betrachtung der Zentralitätsmaße Degree und Closeness, lässt sich im Falle eines kleinen Netzwerks mit einer hohen Dichte eine Korrelation ihrer Ergebnisse feststellen (vgl. Hanneman & Riddle, 2005).

Nach Kim & Jeong (2007) stellt das Closeness im Vergleich zum Degree das bessere und zum Betweenness das schlechtere Konzept dar. Im Vergleich zum Konzept Betweenness, welches nachfolgend vorgestellt wird, ist es jedoch robuster. Im Fall von Elementen in einem Risikonetzwerk beschreibt das Incloseness Elemente, die direkt sowie indirekt beeinflusst werden. Outcloseness beschreibt Elemente, die andere direkt und indirekt beeinflussen. Der Unterschied zum Degree ist, dass der Einfluss über die direkten Beziehungen hinausgeht. Außerdem werden die Elemente mit einer geringen Pfaddistanz schneller beeinflusst (Incloseness) oder können schneller Einfluss auf andere nehmen (Outcloseness). Mit dieser Eigenschaft können solche Elemente einerseits als Indikatoren (Incloseness) von

Veränderungen und andererseits als Ausgangspunkte (Outcloseness) für Maßnahmen zur Risikobekämpfung eingesetzt werden. Für den Fall, dass sich die Ursachen nicht beseitigen oder minimieren lassen, kann eine Mitigations- oder Adaptationsstrategie erfolgen, um die Abweichung von den Zielen dennoch auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

3.2.4. Zentralitätsmaß: Betweenness

Ein weiteres Konzept von Zentralität stellt das Betweenness-Maß²⁷ dar. Dieses Konzept unterstreicht die Relevanz von Elementen, die als Mittler fungieren. Die Verbindung vieler Elemente im Netzwerk ist nicht direkt, sondern indirekt und läuft über andere. Ein zentrales Element hat somit die Eigenschaft, dass viele solcher Verbindungen zwischen Elementen über dieses laufen. Besonders zentral ist ein Element, wenn Pfaddistanzen häufig über ihn laufen oder wenn über ihn die einzige Verbindungsmöglichkeit verläuft. Damit misst Betweenness die strukturelle Abhängigkeit bzw. das Potential der Vermittlerfunktion eines Elementes. Im Gegensatz dazu misst die Degree- und Closeness-Zentralität die Unabhängigkeit der Elemente aufgrund deren guter Verknüpfung zu anderen. (Stegbauer, 2010, S. 264; Jansen, 2006, S. 134 ff.)

Im Mittelpunkt der Betweenness Analyse stehen die Triaden (Trios), welche die kleinstmögliche Netzwerkeinheit darstellen. In den bereits vorgestellten Konzepten werden im Gegensatz zum Betweenness Maß lediglich Dyaden (Paare) betrachtet. Aus soziologischer Sicht ist aufgrund der Betrachtung von Triaden, in welche sich alle wichtigen relationalen Prozesse abbilden lassen, das Betweenness das überlegene Konzept. Das Betweenness ist zwar ein gut fundiertes Konzept, seine Fehleranfälligkeit bei der richtigen Determinierung zentraler Elemente muss jedoch beachtet werden (vgl. Kim & Jeong, 2007; Stegbauer, 2010, S. 261 ff.; Trappmann, Hummell, & Sodeur, 2011, S. 64).

Im Fall von gerichteten Beziehungen beschreibt das Betweenness Maß, dass das Element i auf der Pfaddistanz - unter Berücksichtigung der Richtung der

²⁷ Betweenness Konzept nach Freeman (1978)

Beziehung- aller geordneten Elementpaare (j, k) liegt (vgl. Trappmann, Hummell, & Sodeur, 2011, S. 61).

Die Problematik im Umgang mit einem unverbundenen Netzwerk, im Kapitel 3.2.3 vorgestellt, betrifft auch das Betweenness. Der Umgang mit dieser Schwierigkeit ist analog dem Fall der Closeness Zentralität (siehe 3.2.3). Das normalisierte Betweenness Maß wird nach Formel 10 berechnet.

$$B(n_i) = \frac{\sum_{j \neq k; i \neq j, k} g_{jk}(n_i) / g_{jk}}{(N-1)(N-2)} \quad \text{Formel 10}$$

Das Betweenness Maß stellt den Zähler der Formel 10 dar. Dieser beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass die Pfaddistanz über i läuft ($g_{jk}(n_i)$) im Verhältnis zu den überhaupt möglichen Pfaddistanzen (g_{jk}). Dabei wird die Verwendung einer bestimmten Pfaddistanz zwischen den möglichen als gleich wahrscheinlich angenommen. Diese Annahme dient der Vereinfachung und kann durch die Betrachtung einer Gewichtung der Beziehungen gegebenenfalls angepasst werden. Das Maß wird normalisiert indem es durch die Summe der geordneten Paare $(N-1)(N-2)$ geteilt wird.

Im Falle von nicht erreichbaren Elementen wird ihr Betweenness Wert gleich Null gesetzt. (Trappmann, Hummell, & Sodeur, 2011, S. 61 f.)

Im vorliegenden Fall kann das Betweenness für das Aufdecken zentraler Auswirkungen eingesetzt werden. Aufgrund der Wirkungspfadbildung der Datengrundlage ist davon auszugehen, dass die meisten Pfaddistanzen zwischen den Elementpaaren über die Auswirkungen laufen. Zentrale Ursachen können in Kombination mit zentralen Auswirkungen ihren risikobehafteten Einfluss auf die Ziele verstärken.

3.2.5. Widersprüche und Zentralitätsanomalien in der Netzwerkanalyse

Die Zentralitätsmaße sind ein Verständnis von Zentralität und bilden somit keine allgemeinen, universellen Netzwerktheorien. Anders formuliert bedeutet dies, dass die gewonnenen Ergebnisse aus der Netzwerkanalyse eine graphentheoretisch richtige Lösung liefern können, welche jedoch nicht eine netzwerktheoretisch

sinnvolle Lösung bedeuten muss. Ein Beispiel hierfür ist, dass die Elemente, die am meisten mit anderen verknüpft sind, nicht gleichzeitig zentral sein müssen. Die Maße liefern somit Hinweise auf signifikante Beziehungen, die aber letztendlich inhaltlich zu hinterfragen sind. Das Vorliegen von Kausalitäten in einem Netzwerk, muss deshalb gesondert untersucht werden.

Beispiele für widersprüchliche Forschungsergebnisse sind die Untersuchungen zum Zusammenhang der Netzwerkmaße, in diesem Fall der Zentralität, sowie der hohen Dichte eines Netzwerks und der Leistung einer Person oder eines Teams. Nach Balkundi & Harrison (2006), Raz & Gloor (2007), Cross & Cummings (2004) sowie Cross & Cummings (2003) erzielen Teams mit einem zentralen Führer, sowie zentrale Teams innerhalb eines Netzwerks eine bessere Leistung. Boyd & Taylor (1998) sowie Sparrowe et al. (2001) dagegen zeigen genau das Gegenteil. Genauso verhält es sich mit einer hohen Dichte eines Netzwerks. Nach Balkundi & Harrison (2006) sowie Reagans & Zuckermann (2001) verbessert eine hohe Dichte die Leistung. Dagegen zeigen Sparrowe et al. (2001) genau das Gegenteil. (Gloor, Oster, Raz, Pentland, & Schoder, 2010)

Das ist unter anderem den falsch getroffenen Annahmen, der schlechten Wahl oder Interpretation eines Maßes, der Unvollkommenheit der derzeitigen Theorie, der fehlenden Bewertung des Inhalts der Beziehungen und nicht zuletzt der Dynamik eines Netzwerks geschuldet.

Ein weiteres Problem stellt die Widersprüchlichkeit zwischen dem gemessenen und tatsächlich vorhandenen Zustand eines Knotens im Netzwerk dar. Unplausible Zentralitätswerte, sogenannte Anomalien, ergeben sich aus den angewendeten Metriken und dem, was ein Netzwerk tatsächlich repräsentiert soll (vgl. Stegbauer & Häußling, 2010, S. 374). Ein weiterer wichtiger Grund für das Entstehen von Anomalien ist die Vernachlässigung der Community-Bildung innerhalb von Netzwerken. Deshalb sind nach Stegbauer und Häußling (2010; S. 268) „Zentralitätsanomalien [...] strukturinduzierte Statusinkonsistenzen, die diese Inkompatibilität zwischen der strukturellen Natur des Netzwerkes und der konzeptionellen Natur des Zentralitätsmodells reflektieren.“. Diese Anomalien betreffen jedoch vor allem große Netzwerke (vgl. Stegbauer & Häußling, 2010, S. 374).

Im vorliegenden Fall handelt es sich um ein vergleichsweise kleines Netzwerk und bei den vorhandenen Beziehungen um Kausalzusammenhänge. Aufgrund dieser

Relationen ist das Problem der Signifikanz der Beziehungen und der fehlenden Berücksichtigung des Inhalts nicht zutreffend. Die weiteren, bereits erwähnten Schwierigkeiten im Umgang mit Netzwerken und bei der Anwendung der Netzwerkanalyse bleiben bestehen.

3.3. Einflussmatrix und System Dynamics

Für die Anwendung dieser Methoden werden folgende Annahmen getroffen. Die Elemente im System sind die Ursachen, die Auswirkungen und die Nachhaltigkeitsziele. Ihre Relationen sind gerichtete Wirkungsbeziehungen. Die Position und Rolle der Elemente im System ist teilweise durch ihre Definition und Konzeption im Projekt determiniert, außerdem werden die Elemente, sowie die Quantität ihrer Beziehungen für die vorliegende Untersuchung als statisch und stabil angenommen. Die Qualität der Risikobeziehungen zwischen den Elementen wird dagegen als dynamisch angenommen. Aus diesem Grund werden bei den folgenden Analysen die statischen, stabilen Strukturen, sowie eine Momentaufnahme der Risikohöhen betrachtet.

Ziel der systemischen Betrachtung ist es einerseits Rückkopplungen aufzudecken und andererseits den Zustand des Systems zu untersuchen. Ein weiterer Aspekt ist das konkretere Determinieren und Charakterisieren wichtiger Elemente. Durch die Charakterisierung können etwa Hebel für die Einleitung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung bestimmt werden.

Für die Untersuchung der Elemente wird ein Werkzeug der qualitativen Systemanalyse eingesetzt. Die Einflussmatrix oder Papiercomputer nach Vester (2000, S. 194 f.) ermöglicht es, die Rollen der Systemelemente sowie die Bedeutung dieser Rollen hinsichtlich der Einflussnahme, Beeinflussbarkeit und Beteiligung am System abzuleiten. Die Aussage über eine Rollenverteilung ist möglich, da die Charakterisierung der Elemente in Anbetracht aller Elemente stattfindet und dadurch die Einbettung dieser im System berücksichtigt wird. Vester (2000, S. 236 f.) bezeichnet die Rollenverteilung und Positionierung der Elemente als eine echte Systemaussage, die nicht vom Bearbeiter der Daten erzeugt wird.

Die Einflussmatrix ist so definiert, dass die horizontalen Elemente in den Zeilen auf die vertikalen Elemente in den Spalten einwirken. Dabei werden Beziehungen bzw. Kombinationsmöglichkeiten, die vorhanden sind, als ungleich Null und nicht vorhandene Beziehungen als Null bewertet. Beziehungen zwischen Elementen

stellen bspw. Energie-, Massen-, oder Informationsflüsse dar. Durch das In-Beziehung-Setzen in der Matrix lassen sich die Elemente nach ihrer Funktion im System kategorisieren. In der Matrix liefert die Addition über die Zeile die Aktiv-Summe (AS) der Elemente. Diese zeigt die direkte Einflussnahme der Elemente am System; daher gelten Elemente mit einer hohen Aktiv-Summe als Treiber. Die Summe über der Spalte liefert die Passiv-Summe (PS) der Elemente. Diese zeigt die Beeinflussbarkeit der Elemente; somit werden Elemente mit einer hohen Passiv-Summe stark beeinflusst, und Elemente mit einer niedrigen Passiv-Summe gelten als träge und puffernd. Die Multiplikation der Aktiv- und Passiv-Summe liefert den P-Wert. Dieser ermöglicht eine Aussage der indirekten Wirkung und Interaktion der Elemente in Bezug auf ihre Kritikalität oder Stabilität. Damit kategorisiert dieser Wert die Elemente in kritisch oder puffernd. Je höher der P-Wert, desto mehr, und je kleiner, desto weniger ist ein Element am Systemverhalten beteiligt.

Die Division der Aktiv- durch die Passiv-Summe liefert den Q-Wert. Der Q-Wert sagt aus, ob ein Element mehr beeinflusst als es beeinflusst wird oder umgekehrt. Somit kategorisiert der Q-Wert Elemente in aktiv oder reaktiv.

Im Vergleich zwischen den Q- und P-Wert entspricht der Q-Wert dem Leitungs- oder Gefolgecharakter eines Elements und der P-Wert der Intensität, mit welcher die jeweilige Rolle ausgeübt wird.

Elemente mit einem hohen P- und einem niedrigen Q-Wert dienen als Indikatoren für Veränderungen. Elemente mit einem niedrigen P- und einem niedrigen Q-Wert dienen der Pufferung des Systems. Elemente mit einem hohen P- sowie Q-Wert sind kritisch und schlecht zur Lenkung des Systems, da sie zu einer unvorhersehbaren Wirkung tendieren. Dagegen können Elemente mit einem niedrigen P- und einem hohen Q-Wert für die Einleitung von Maßnahmen genutzt werden, da sie zwar aktiv sind, das System jedoch nicht destabilisieren.

Mit Hilfe eines zweidimensionalen kartesischen Koordinatensystems lassen sich die Elemente visuell kategorisieren. Werden auf der Abszisse die Aktiv-Summen und auf der Ordinate die Passiv-Summen in einem Diagramm aufgetragen, kann so visualisiert werden, welche Elemente eher aktiv und welche eher passiv sind (vgl. Vester, 2000, S. 229 f.). Diese Einteilung nach Aktivität und Passivität gibt somit einen Überblick über die Einflussstärke der Elemente.

Werden Q-Werte auf der Abszisse und P-Werte auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente nach ihrem Charakter einteilen.

Diese Einteilung erfolgt in den vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch und puffernd und eventuellen Zwischenstufen.

Abbildung 11: Visualisierung der Ergebnisse der Einflussmatrix (Brand, 2013, S. 81)

Die Abbildung 11 zeigt die Visualisierung der Metriken der Einflussmatrix mit deren Hilfe die Einstufung des Wirkens eines Elements im System erfolgt.

Diese Methode erlaubt es, einen Einblick in die inhärenten Eigenschaften²⁸ der einzelnen Elemente und deren Wirken zu gewinnen, gibt aber keine Auskunft über das Zusammenwirken aller Elemente und deren Interdependenzen. Dieses Zusammenwirken und die Interdependenzen determinieren den Zustand des Systems, weshalb deren Kenntnis essentiell ist. Aus diesem Grund erscheint die Anwendung vom System Dynamics unter der Berücksichtigung der Systemarchetypen nach Senge zunächst sinnvoll, da sie eine Berücksichtigung von interdependenten Risikobeziehungen der Elemente ermöglichen. Die Anwendung dieser Methode allerdings wird - einerseits durch die Konzeption, und andererseits

²⁸ Die inhärenten Eigenschaften sind innewohnende Attribute, die einem Element unter Berücksichtigung seiner Einbettung zugeschrieben werden.

aufgrund der berücksichtigten, signifikanten Daten aus dem Projekt NaCoSi - für den vorliegenden Fall möglicherweise relativiert. Das soll im Folgenden näher erläutert werden. Die Datengrundlage besteht aus linearen, nicht-monokausalen Wirkungspfaden, in denen nur die Auswirkungen gleichzeitig auch eine Ursache eines Wirkungspfads sein können. Die Ursachen sind als exogene Elemente festgelegt, damit können nur sie andere Elemente beeinflussen. Die Ziele wiederum sind als endogene Elemente konzipiert, somit können sie nur beeinflusst werden. Aus diesem Grund können nur Auswirkungen einen Rückkopplungskreis auslösen, somit ist die Bildung von Rückkopplungen - durch die notwendige Reduktion von Komplexität über die Festlegung der Wirkungspfade - insgesamt eingeschränkt. Zusätzlich zu diesem Sachverhalt ist die weitere Reduktion der Datenmenge auf die bewerteten und signifikanten Daten zu nennen (unter 4.1 genauer beschrieben). Aus diesen Gründen kann es passieren, dass die Menge an vorhandenen Rückkopplungen reduziert wird oder sogar nicht mehr abgebildet werden kann. Für eine ganzheitliche Betrachtung von Systemen und ihren Interdependenzen ist im Allgemeinen das Erkennen und Verstehen der Rückkopplungen von entscheidender Bedeutung. Deshalb ist das Feststellen solcher Regelkreise eines Systems ein entscheidender Schritt der qualitativen Untersuchung mit System Dynamics. Im Rahmen dieser Arbeit wird untersucht, ob Rückkopplungen vorhanden sind und gegeben falls der Zustand des Systems mit Hilfe der Systemarchetypen ermittelt. Von einer quantitativen Analyse mit System Dynamics wird hingegen abgesehen, da diese den Rahmen dieser Thesis sprengen würde.

4. Anwendung

4.1. Allgemeines

Die Anwendung der vorgestellten Methoden soll im diesem Kapitel exemplarisch anhand der vorliegenden Daten aus dem Projekt NaCoSi erfolgen.

Im Projekt NaCoSi sind für die Wasserversorgung und für die Abwasserbeseitigung 365 lineare Wirkungspfade identifiziert worden. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Ausarbeitung sind allerdings noch nicht alle Wirkungspfade von den Unternehmen bewertet worden. Bewertet bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Wirkungspfade von jedem Unternehmen nicht nur auf Plausibilität geprüft wurden, sondern auch, dass ihnen eine Risikohöhe zugewiesen wurde. Außerdem befanden sich einige Wirkungspfade mehrfach in der Datengrundlage, die sich nur in der Risikohöhe unterschieden haben. Diese mehrfachen Einträge werden zur Analyse zusammengefasst. Diese Zusammenfassung kann nach verschiedenen Methoden erfolgen. So können verschiedene Maßzahlen aus der Statistik wie die Summe, der arithmetischen Mittelwert und der Medianwert angewandt werden. Jede Methode hat dabei Vor- und Nachteile. Die Methode der Summenbildung bewirkt eine Verfälschung der Daten, wenn etwa hundertmal ein nicht relevantes Risiko von $R=1$ addiert wird, da sich dann ein Risiko von hundert ergibt. Aus diesem Grund erscheint eine Zusammenfassung durch den Mittelwert sinnvoller. Problematisch ist hierbei jedoch die starke Sensibilität gegenüber Ausreißern (Problem der Verfälschung). Der Median dagegen ist in Hinsicht der Unempfindlichkeit gegenüber Extremwerten besser geeignet. Deshalb werden die mehrfachen Einträge über den Median zusammengefasst.

Zur besseren Handhabung der Daten wird eine Unterteilung in ihre Teilsysteme, der Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung vorgenommen und den Elementen eine Laufnummer zugeteilt (siehe Tabelle 59 und Tabelle 60 im Anhang A). Die Nummerierung der Ursachen erfolgt mit 100er, der Auswirkungen mit 200er, der Ziele mit 300er und der Ursache/Auswirkung mit 400er Nummern. Abwasserbeseitigungs- (AWBS) und Trinkwasserversorgungssystem (TWVS) werden von jetzt an getrennt betrachtet. Pro Teilsystem werden jeweils Unternehmen zur weiteren Analyse ausgewählt, die an der größten Menge bewerteter Pfade teilhaben und somit gut vergleichbar sind. Aus diesem Grund können nur zwei Unternehmen der Trinkwasserversorgung und drei der

Abwasserbeseitigung berücksichtigt werden. Aufgrund der Vergleichbarkeit können nur Wirkungspfade berücksichtigt werden, die von allen gewählten Unternehmen pro Teilsystem mit einer signifikanten Risikohöhe bewertet wurden. Eine signifikante Risikohöhe wiederum wird dabei als größer Eins festgelegt, somit gilt für $R > 1$.

Durch die oben beschriebene Filterung der Datengrundlage entstehen im System Abwasserbeseitigung zwei voneinander getrennte Beziehungsgefüge. Eines dieser Relationsgeflechte enthält nur fünf Elemente und wird in dieser Ausarbeitung aufgrund seiner geringen Aussagekraft nicht weiter betrachtet.

Aus den oben genannten Gründen bleiben im Bereich Wasserversorgung insgesamt 90 und im Bereich Abwasserbeseitigung 110 Elemente zur weiteren Analyse übrig. Die betrachteten Beziehungen sowie ihre durch die Unternehmen zugeteilten Risiken können den Tabellen im Anhang B entnommen werden.

4.2. Netzwerkanalyse

Es werden zwei Analysen durchgeführt und zwar eine allgemeine Netzwerkkuntersuchung sowie eine unternehmensspezifische Untersuchung. Die allgemeine Untersuchung wendet die in 3.2.1 bis 3.2.4 vorgestellten Metriken der Netzwerkanalyse an und identifiziert zentrale Elemente aufgrund ihrer Position im Netzwerk. Die spezifische Betrachtung mit den Risikohöhen hingegen zeigt mittels der Gewichtung zwischen den Elementen risikoreiche Beziehungen an. Beide Untersuchungen ergänzen sich, wodurch festzustellen ist, ob zentrale Elemente gleichzeitig in Beziehungen mit einem hohen Risiko stehen. Damit soll eine Einschätzung der Risikolage insbesondere der Ziele erfolgen. Zu diesem Zweck wird ein Ranking der netzwerkanalytischen Metriken und der Risikohöhen aller Beziehungen aufgestellt, sowie zwei Rankings mit aggregierten, d. h. zusammengefassten Risikohöhen. Das erste Ranking mit aggregierten Risikohöhen betrifft die Beziehungen, die von den Ursachen ausgehen und das zweite, die Risikobeziehungen, die die Ziele beeinflussen. Diese im Folgenden tabellarisch dargestellten Rankings zeigen und berücksichtigen jeweils das obere Drittel aller Elemente und bilden gleichzeitig die Vergleichsgrundlage für die Gegenüberstellung der Unternehmen.

Die Ergebnisse der Netzwerkmetriken aus UCINET werden daraufhin mit den Rankings der risikobehafteten Beziehungen pro Unternehmen verglichen. Durch diese Kombination kann die Gefährdung der Ziele oder die Gefahr, die von Ursachen ausgeht, analysiert werden. Nachfolgende Gründe sprechen für die Bedeutsamkeit dieser Betrachtungsweise. Einerseits können sich die Risikohöhen aufgrund neuer Erkenntnisse und Daten eher ändern als die Positionierung eines Elements im Netzwerk (Dies ist eine Grundannahme zur Analyse in dieser Ausarbeitung), andererseits ist eine diffuse Einwirkung von Risiken aus dem Netzwerk auf ein Ziel aufgrund seiner Position genauso wichtig, wie eine konkrete und direkte Einwirkung über eine Risikohöhe. Die diffuse Einwirkung ist auf den Informationsfluss und die direkte Einwirkung auf die Risikohöhen, welche als Momentaufnahme zu verstehen sind, zurückzuführen. Damit soll verdeutlicht werden, dass die Elemente aufgrund ihrer Position im Netzwerk ein Potential besitzen, das in der betrachteten Momentaufnahme der Risikohöhen eventuell nicht zur Geltung kommt. Wird beides, Position und Risikohöhe, berücksichtigt, ergibt sich daraus eine allgemeinere Aussage über den Zustand des Netzwerks. Zudem ist die uneingeschränkte Nutzung von UCINET nur mit binären Daten möglich, da UCINET nicht in der Lage ist, gewichtete Beziehungen in allen Berechnungsroutinen zu berücksichtigen.

Das Endergebnis soll die wichtigsten Elemente und deren Wirkungsbeziehungen aufzeigen, wodurch ein besseres Verständnis über die Risikosituation der einzelnen Unternehmen gewonnen wird. Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchung mit denen der Unternehmen im jeweiligen System verglichen.

4.2.1. Trinkwasserversorgungssystem

Die Darstellung des Netzwerks des Trinkwasserversorgungssystems kann dem Anhang E entnommen werden. Die Berechnung der Metriken erfolgt mit UCINET, deren Ergebnisse im Anhang C zu finden sind.

Die Netzwerkanalyse mit UCINET liefert für das Netzwerk eine Dichte von 0,01298. Für ein kleines Netzwerk ist ein Dichtewert ab 0,4 nach Jansen (2006, S. 95) ein Indiz für Kohäsion. Die Vernetzung sowie der Informationsaustausch im vorliegenden Netzwerk sind somit sehr gering. Der Inhalt der Relationen, die Risiken, ist allerdings in einem Netzwerk für die Analyse und Interpretation mindestens genauso bedeutend wie die bloße Anzahl an vorhandenen Beziehungen.

Die Bedeutung des Vernetzungsgrades an sich, ist von der Annahme über die Veränderlichkeit der vorliegenden Daten abhängig. Wird das Netzwerk als dynamisch angesehen, sodass es in Zukunft mehr Beziehungen als die hier abgebildeten aufbauen kann, so kann der derzeitige Zustand als vorteilhaft bewertet werden. Im Fall, dass mehr Risikobeziehungen aufgebaut werden und somit der Vernetzungsgrad steigt, steigt damit gleichzeitig die Gefahr der Abweichung der Ziele. Aus diesem Grund ist der jetzige, geringe Vernetzungsgrad positiv zu bewerten.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Metriken der Netzwerkanalyse vorgestellt, welche die positionelle Zentralität der Elemente wiedergeben.

Degree Zentralität (siehe 3.2.2)

Die Degree-Analyse mit UCINET zeigt die aktivsten und passivsten Elemente im Geflecht auf. Dieses Maß unterstreicht die lokale Zentralität der Elemente.

Die Elemente mit dem höchsten Outdegree und somit höchster direkter Aktivität können der Tabelle 1 entnommen werden.

Ranking Outdegree		
Elemente	Outdegree	Indegree
158	4	0
159	4	0
130	3	0
265	3	2

Tabelle 1: Ranking nach höchstem Outdegree im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 65 Anhang C)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Ursachen und Auswirkungen ein Outdegree. Das sind 78 der 90 Elemente und von diesen 78 haben 58 eine einzige ausgehende Beziehung. Dies spiegelt die geringe Dichte und somit den geringen Vernetzungsgrad wider.

Die Ursachen mit den Nummern 158, 159 und 130 sind aufgrund ihres Outdegrees als lokal wichtige Einflussgrößen anzusehen. Diese Elemente können Ansatzpunkte für die Einleitung von Maßnahmen sein. Die nachfolgenden Untersuchungen werden zeigen, ob ihr Beeinflussungsgrad sich auf das Gesamtnetzwerk erstreckt.

Das Element 265 beispielsweise beeinflusst etwas mehr als es beeinflusst wird, ob es jedoch eine wichtige Rolle im Netzwerk spielt, wird sich aus seiner Outcloseness erschließen.

Die Elemente mit dem höchsten Indegree und somit der höchsten Passivität können der Tabelle 2 entnommen werden.

Ranking Indegree		
Elemente	Outdegree	Indegree
305	0	7
301	0	6
306	0	6
312	0	6
308	0	5
314	0	4
238	1	4
300	0	3
302	0	3
303	0	3
307	0	3
310	0	3
206	2	3
267	2	3

Tabelle 2: Ranking nach höchstem Indegree im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 66 Anhang C)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele ein Indegree. Das sind 55 der 90 Elemente und von diesen 55 haben 18 mehr als eine eingehende Beziehung.

Die Ziele 305, 301, 306 und 312 werden am stärksten beeinflusst, wodurch die Gefahr der Abweichung ihres Soll-Zustands hoch ist. Allein das Ziel 309 (siehe Tabelle 66 Anhang C) hat eine einzige eingehende Beziehung und ist somit erst einmal positionell nicht gefährdet. Weitere Untersuchungen werden erst konkret zeigen, ob diese Ziele in risikoreiche Beziehungen stehen.

Die Auswirkungen 238, 206 und 267 werden stärker beeinflusst, als sie selbst Einfluss nehmen. Ihre Rolle im Netzwerk wird sich letztendlich durch ihre Incloseness, der Effizienz ihrer Beeinflussbarkeit, zeigen.

Closeness Zentralität (siehe 3.2.3)

Die Closeness-Analyse mit UCINET zeigt die Elemente an, die am effizientesten andere beeinflussen oder beeinflusst werden. Effizient bedeutet, dass diese häufiger als andere über gewisse Pfaddistanzen andere Elemente erreichen oder erreicht werden. Diese Analyse berücksichtigt im Gegensatz zum Degree auch die indirekten Beziehungen und somit den Gesamteinfluss eines Elements. Daran lassen sich im Gegensatz zum Degree globale Einflussgrößen eines Netzwerks erkennen.

Die Elemente mit dem höchsten Outcloseness können der Tabelle 3 entnommen werden.

Ranking Outcloseness		
Elemente	OutCloseness	InCloseness
158	0,15730338	0
159	0,15730338	0
130	0,10112359	0
143	0,08988764	0
150	0,08988764	0
153	0,08988764	0
149	0,07865169	0

Tabelle 3: Ranking nach höchstem Outcloseness im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 67 Anhang C)

Die Konzeption der Datengrundlage lässt ein Outcloseness nur bei Ursachen und Auswirkungen zu. Ein Outcloseness haben 78 der 90 Elemente. Ein Incloseness von Null bedeutet die Unerreichbarkeit eines Elements und damit seiner Unbeeinflussbarkeit.

Die Ursachen mit den Nummern 158, 159 und 130 haben somit nicht nur ein hohes Outdegree, sondern auch ein hohes Outcloseness. Diese Elemente beeinflussen direkt sowie indirekt am stärksten das Netzwerk. Damit sind sie gute Ansatzpunkte für die Einleitung von Maßnahmen.

Das zu überprüfende Element mit der Nr. 265 aus der Outdegree-Analyse spielt aufgrund seiner geringen Outcloseness keine größere Rolle im Gesamtnetzwerk. Die Elemente mit den Nummern 143, 150, 153 und 149 hingegen sind aktiv am Gesamtnetzwerk beteiligt und sollten beachtet werden. Diese sind gute Ansatzpunkte für Maßnahmen, da ihr Einflussgrad hoch ist.

Die Elemente mit dem höchsten Incloseness können der Tabelle 4 entnommen werden.

Ranking Incloseness		
Elemente	OutClosenes	InCloseness
301	0	0,29213482
312	0	0,24719101
305	0	0,23595506
306	0	0,22471911
308	0	0,19101124
300	0	0,14606741
307	0	0,14606741
314	0	0,13483146
303	0	0,12359551
302	0	0,10112359
310	0	0,10112359

Tabelle 4: Ranking nach höchstem Incloseness im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 68 Anhang C)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele ein Incloseness und zwar 55 der 90 Elemente.

Die Ziele 301, 312, 305 und 306 werden dieser Analyse nach am stärksten aufgrund ihrer Erreichbarkeit über Pfaddistanzen beeinflusst. Die Ziele 308, 314, 300, 302, 303, 307 und 310 werden auch stark beeinflusst. Allein das Ziel 309 (siehe Tabelle 68 Anhang C), welches eine einzige eingehende Beziehung aufweist, wird vom Netzwerk insgesamt nicht stark beeinflusst. Damit bestätigen die Ergebnisse des Inclosenesses die Ergebnisse des Indegrees.

Die zu überprüfenden Auswirkungen 238, 206 und 267 aus der Indegree Analyse werden global aufgrund ihrer geringen Incloseness nicht besonders stark beeinflusst, daher ist ihre Verwendung als Indikator von Veränderungen für das Gesamtnetzwerk nicht geeignet.

Betweenness Zentralität (siehe 3.2.4)

Die Betweenness-Analyse mit UCINET zeigt die Elemente, die als Mittler fungieren. Das bedeutet, dass über sie der größte Informationsfluss läuft. Gleichzeitig erschließt sich aus dieser Mittlerfunktion eine Abhängigkeit von den anderen Elementen.

Die Elemente mit dem höchsten Betweenness können der Tabelle 5 entnommen werden.

Ranking Betweenness	
Elemente	Betweenness
206	5,5
267	5,5
265	5
238	3,5

Tabelle 5: Ranking nach höchstem Betweenness im TWVS (Ausschnitt der Tabelle 69 Anhang C)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen ein Betweenness-Maß.

Die Elemente mit den Nummern 206, 267, 265 und 238 haben im Netzwerk eine Mittlerfunktion inne. Gleichzeitig hat das Element 265 ein hohes Outdegree und die Elemente 206, 267 und 238 haben ein hohes Indegree. Das Element 265 wirkt deshalb als Sender und die Elemente 206, 267 und 238 als Empfänger. Aus diesem Grund können diese Elemente als lokale Schlüsselknoten des Risikoinformationsflusses angesehen werden. Die Elemente 206, 267 und 238 lassen sich als lokale Indikatoren für Veränderungen einsetzen. Das Element 265 kann in Verbindung mit Ursachen, welche ein hohes Outdegree aufweisen, als Verstärker des Risikoinformationsflusses angesehen werden.

Die Metriken der Netzwerkanalyse beziehen sich auf ungewichtete Risikobeziehungen. Aus den daraus resultierenden Ergebnissen lassen sich aber bereits zentrale Ursachen und Ziele aufdecken und eine Einschätzung über die Risikosituation der Ziele ableiten. Diese Zentralität ergibt sich aus der Einbettung und Position der Elemente im Netzwerk. Sie spiegelt den Charakter und das Potential eines Elements, jedoch nicht die Qualität der Beziehungen, in denen es sich gerade befindet wider. Deshalb wird zusätzlich die Risikobewertung der einzelnen Unternehmen als Qualitätsmaß der Beziehungen hinzugezogen. Durch die Betrachtung der Risikohöhen der Beziehungen kann im Anschluss geklärt werden, wie stark die Ziele der Unternehmen durch Risiken gefährdet sind und von welchen Ursachen diese Gefährdung ausgeht.

Im Anschluss erfolgt die Analyse der unternehmensspezifischen Risikobeziehungen im Bereich des Trinkwasserversorgungssystems der Unternehmen A und B. Einerseits werden die höchsten Risikohöhen betrachtet und andererseits die höchsten aggregierten Risikohöhen, die von den Ursachen ausgehen sowie die, welche die Ziele am stärksten beeinflussen.

4.2.1.1. Analyse der Risikobeziehungen des Unternehmens A

Ranking nach R des Unternehmens A für die Beziehungen Ursache - Auswirkung				
Lauf nr.	Ursache	Lauf nr.	Auswirkung	Risiko (A)
144	Düngemittleinsatz +	270	Nitrat-Konzentration im Grundwasser +	13
109	demografischer Wandel +	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	12
158	Trinkwasserverbrauch -	267	Kosten pro geliefertem m³ Trinkwasser +	12
153	öffentliche Privatisierungsdebatte +	206	Arbeitsplatzsicherheit -	11
109	demografischer Wandel +	204	Altersstruktur	9
115	fehlende integrierte Planung	222	keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	9
125	Kapital -	205	Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	9
145	Energieerzeugung über fossile Energieträger	260	CO2-Emissionen am Kraftwerk +	9
146	Exfiltration (Eintrag von Abwasser in Wasserressource) +	259	chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	9
155	Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource +	274	Schadstoffkonzentration Wasserdargebot +	9
155	Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource +	276	Stoffkonzentration Rohwasser +	9
156	Schneeschnmelze +	259	chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	9
158	Trinkwasserverbrauch -	251	verfügbares Kapital -	9

Tabelle 6: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens A (basiert auf Tabelle 61 Anhang B)

Ranking nach R des Unternehmens A für die Beziehungen Auswirkung - Ziel				
Lauf nr.	Auswirkung	Lauf nr.	Ziel	Risiko (A)
238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	301	Erschwinglichkeit	19
259	chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	306	Prozessqualität	18
206	Arbeitsplatzsicherheit -	312	Unternehmenskultur	13

251 verfügbares Kapital -	307 Refinanzierbarkeit	13
225 Kosten > geplante Kosten	307 Refinanzierbarkeit	12,5
232 Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	303 Kompetenzpotential	12
216 Fachpersonal -	303 Kompetenzpotential	10
267 Kosten pro geliefertem m ³ Trinkwasser +	301 Erschwinglichkeit	10
204 Altersstruktur	312 Unternehmenskultur	9
205 Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	302 Innovationsfähigkeit	9
222 keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	302 Innovationsfähigkeit	9
260 CO ₂ -Emissionen am Kraftwerk +	306 Prozessqualität	9
270 Nitrat-Konzentration im Grundwasser +	306 Prozessqualität	9
274 Schadstoffkonzentration Wasserdargebot +	305 Leistungsqualität gegenüber den Kunden	9
276 Stoffkonzentration Rohwasser +	306 Prozessqualität	9

Tabelle 7: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens A (basiert auf Tabelle 62 Anhang B)

Der Tabelle 6 und Tabelle 7 können die höchsten Risikobeziehungen im Trinkwasserversorgungssystem des Unternehmens A entnommen werden.

Für die Bekämpfung der Abweichung von Zielen müssen die Ursachen erkannt werden, die diese Abweichung auslösen. Vor diesem Hintergrund werden nicht nur die Beziehungen mit den höchsten Risiken betrachtet, sondern auch die kumulierten Risiken, die von jeder Ursache ausgehen. Die Risikohöhen aller ausgehenden Relationen mit einer gemeinsamen Ursache werden über die Summe aggregiert und es wird daraus ein Ranking erstellt. Die vorgegebene Definition der Elemente und somit der Konzeption der Datengrundlage legt ein solche Vorgehensweise nahe. Die Ursachen stellen die Elemente dar, an denen prinzipiell Maßnahmen erfolgen sollen und spielen somit eine essentielle Rolle bei der Risikobekämpfung.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen einer Ursache		
Lauf nr.	Ursache (Prozess)	Summe R (A)
158	Trinkwasserverbrauch – (Wasserverteilung/kaufm. Aufgabe)	24
109	demografischer Wandel + (Personal- und Sozialwesen)	21
155	Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource + (Wasserwirtschaft)	18
115	fehlende integrierte Planung (mehrere)	16,5
144	Düngemiteleinsetz + (Wassergewinnung/Wasseraufbereitung)	13
105	Änderung der Rechtslage (mehrere)	12,5

150	Grundwasserneubildung – (Wassergewinnung/Wasserwirtschaft)	12
153	öffentliche Privatisierungsdebatte + (mehrere/Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	12
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen (Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	11
125	Kapital – (mehrere/Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	10

Tabelle 8: Ranking nach der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens A (Ausschnitt der Tabelle 84 Anhang I)

Der Tabelle 8 können die höchsten aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen entnommen werden. Sie verdeutlicht, dass vor allem die Ursachen 158, 109 und 155 die höchsten Risikohöhen auslösen.

Zusätzlich wird untersucht, welche Ziele insgesamt am stärksten durch die Risikohöhen betroffen sind. Hierfür werden die Risikohöhen, die ein Ziel beeinflussen über die Summe aggregiert.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen eines Ziels		
Laufnr.	Ziel	Summe R (A)
306	Prozessqualität	47
301	Erschwinglichkeit	45,5
312	Unternehmenskultur	37
307	Refinanzierbarkeit	29,5
305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	28
303	Kompetenzpotential	26
302	Innovationsfähigkeit	22
308	Ressourceneffizienz	16
314	Regionale Einbettung	15
300	Akzeptanz	14
310	Steuerbarkeit	5
309	Robustheit	1,5

Tabelle 9: Ranking nach der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens A (basiert auf Tabelle 62 Anhang B)

Der Tabelle 9 können die aggregierten Risikohöhen, die Ziele beeinflussen entnommen werden. Diese zeigt, dass die Ziele 306, 301 und 312 aufgrund der hohen aggregierten Risikohöhen am stärksten von einer Abweichung, betroffen sind. Sie sind dadurch direkt durch hohe Risiken gefährdet.

Ergebnis für das Unternehmen A

Die Ergebnisse der Metriken der Netzwerkanalyse werden nun mit den Beziehungen, die mit dem höchsten Risiko behaftet sind, in Verbindung gebracht. Auf diese Art und Weise lassen sich die Ursachen aufdecken, welche die Ziele am stärksten gefährden, sowie die konkret am stärksten gefährdeten Ziele. Die Gefährdung der Ziele oder die Gefahr, die von Ursachen ausgeht, ist dabei einerseits durch ihre Position und andererseits durch die Höhe ihrer Risikobeziehungen erschließbar. Diese Unterscheidung ist, wie schon oben erwähnt, aus mehreren Gründen wichtig. Sie soll verdeutlichen, dass die Elemente aufgrund ihrer Position im Netzwerk einen inhärenten Charakter oder ein Potential haben, der in der hier betrachteten Momentaufnahme der Risikohöhen, eventuell nicht zur Geltung kommt. Wird beides, Position und Risikohöhe, berücksichtigt, ergibt sich daraus eine allgemeinere Aussage über den Zustand des Netzwerks.

Folgende Resultate basieren auf den Tabellen 1 bis 9 sowie der Tabelle 68.

Die Hälfte der Ziele steht in mindestens einer risikoreichen Beziehung. Das Ziel 306 viermal und damit doppelt so oft, und hat gleichzeitig die höchste aggregierte Risikohöhe. Die Ziele 301, 312, 305 und 306 haben ein besonders hohes Incloseness und werden deshalb auch am stärksten beeinflusst. Von diesen stehen neben dem Ziel 306 die Ziele 301 und 312 zusätzlich in hoch bewerteten Risikobeziehungen. Allein das Ziel 309 steht weder in einer risikoreichen Beziehung noch hat es ein hohes Incloseness. Das Ziel 310 ist aufgrund seiner Risikobeziehungen nicht gefährdet.

Aus dem Ranking der Tabelle 8 sollte an Ursachen mit einer aggregierten Risikohöhe $R > 11$ generell Maßnahmen angesetzt werden. Hervorzuheben ist die Ursache 158, da von dieser sowohl ein einzelnes als auch ein hohes aggregiertes Risiko ausgeht. Darüber hinaus weist die Ursache mit der Nr. 158 das höchste Outcloseness auf und beeinflusst das Netzwerk am stärksten.

Die Elemente mit der Nr. 158 und 153 haben nicht nur ein hohes Outcloseness, sondern stehen auch in einer hochbewerteten Risikobeziehung. Dabei beeinflusst das Element 158 die Elemente 267, 251, 256 und 266. Das Element 153 beeinflusst die Elemente 206 und 268. Unter den beeinflussten Auswirkungen der Ursachen 158 und 153, haben die Auswirkungen 267 und 206 ein hohes Betweenness und

Indegree. Diese Auswirkungen werden schnell beeinflusst und können Veränderungen am System aufzeigen. Aufgrund des Einflusses der Ursachen 158 und 153 sollten Maßnahmen an diesen ansetzen. Die Entfaltung ihrer Wirkung kann an den entsprechenden Auswirkungen 267 und 206 rasch festgestellt werden.

Im NaCoSi Projekt wurden die Elemente nicht nur nach ihrer Art kategorisiert, sondern auch Prozessen zugeordnet. Im Folgenden sollen die gewonnen Ergebnisse im Hinblick auf die Zuordnung der Elemente zu ihren Prozessen aufgezeigt werden. Dieses Vorgehen dient der Feststellung besonders gefährdeter Prozesse.

Das Element 158 (Trinkwasserverbrauch -) gehört den Prozessen der Wasserverteilung und kaufmännische Aufgabe an. Und das Element 153 (öffentliche Privatisierungsdebatte +) ist den Prozessen „mehrere“ sowie Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation zugeordnet. Werden die Prozesse der Ursachen (siehe Tabelle 8) betrachtet, so lässt sich anhand der obigen Untersuchung erkennen, dass der Prozess Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation dreifach betroffen ist im Vergleich zu den anderen.

Zusammenfassend ist die Ursache 158 ein signifikanter Risikoauslöser mit hohem Risikopotential. Sie übertrifft in ihrem Einfluss alle anderen Ursachen. Neben dieser sollte die Ursache 153 auch beachtet werden. Beide Ursachen bilden somit einen geeigneten Angriffspunkt für Maßnahmen. Bezüglich der Ziele sind 309 und 310 von Risiken kaum beeinflusst und somit nicht gefährdet. Besonderer Beachtung bedürfen die Ziele 306 und 301 aufgrund ihrer Position und ihrer Risikobeziehungen.

4.2.1.2. Analyse der Risikobeziehungen des Unternehmens B

Ranking nach R des Unternehmens B für die Beziehung Ursache - Auswirkung				
Lauf nr.	Ursache	Lauf nr.	Auswirkung	Risiko (B)
115	fehlende integrierte Planung	225	Kosten > geplante Kosten	20
121	Hochwasserereignisse +	275	Sediment- und Stoffkonzentration Wasserdargebot +	20
144	Düngemittleinsatz +	270	Nitrat-Konzentration im Grundwasser +	12
157	Trinkwassertemperatur +	273	Rohrleitungsdurchmesser (Korrosion) -	12
109	demografischer Wandel +	204	Altersstruktur	10
158	Trinkwasserverbrauch -	251	verfügbares Kapital -	10

134 Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	238 steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	10
149 Grundwasserentnahme +	265 Grundwasservolumen -	10
146 Exfiltration (Eintrag von Abwasser in Wasserressource) +	259 chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	9
130 Outsourcing +	216 Fachpersonal -	8
147 fehlendes Diversity Management	269 Mitarbeitermotivation -	8
154 regionale Zulieferer/ Dienstleister -	263 Einkauf regionaler Produkte/ DL -	8
130 Outsourcing +	206 Arbeitsplatzsicherheit -	8

Tabelle 10: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens B (basiert auf Tabelle 61 Anhang B)

Ranking nach R des Unternehmens B für die Beziehung Auswirkung - Ziel				
Lauf nr.	Auswirkung	Lauf nr.	Ziel	Risiko (B)
238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	301	Erschwinglichkeit	30
216	Fachpersonal -	303	Kompetenzpotential	24
205	Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	302	Innovationsfähigkeit	20
225	Kosten > geplante Kosten	307	Refinanzierbarkeit	15,25
220	Investitionsbedarf +	301	Erschwinglichkeit	12
200	absolute Kosten +	301	Erschwinglichkeit	10
258	Betriebswasserverluste +	307	Refinanzierbarkeit	10
275	Sediment- und Stoffkonzentration Wasserdargebot +	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	10
272	Regionale Wassernutzung -	314	Regionale Einbettung	8
257	Auslastung Wasserentnahmerechte +	309	Robustheit	7,5
206	Arbeitsplatzsicherheit -	312	Unternehmenskultur	7

Tabelle 11: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens B (basiert auf Tabelle 62 Anhang B)

Der Tabelle 10 und Tabelle 11 können die höchsten Risikobeziehungen im Trinkwasserversorgungssystem des Unternehmens B entnommen werden.

Die folgende Vorgehensweise ist analog der in Unternehmen A. Die Risikohöhen aller ausgehenden Relationen mit einer gemeinsamen Ursache werden über die Summe aggregiert und es wird ein Ranking daraus erstellt. Die vorgegebene Definition der Elemente und somit der Konzeption der Datengrundlage legt ein solche Vorgehensweise nahe. Die Ursachen stellen die Elemente dar, an denen

prinzipiell Maßnahmen erfolgen sollen und spielen somit eine essentielle Rolle bei der Risikobekämpfung.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen einer Ursache		
Laufnr.	Ursache (Prozess)	Summe R (B)
115	fehlende integrierte Planung (mehrere)	22
121	Hochwasserereignisse + (Wassergewinnung)	20
130	Outsourcing + (Personal- und Sozialwesen/mehrere)	19
158	Trinkwasserverbrauch – (Wasserverteilung/kaufm. Aufgabe)	19
109	demografischer Wandel + (Personal- und Sozialwesen)	16,25
134	Rohstoffverbrauch mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren + (kaufmännische Aufgaben)	12
144	Düngemiteleinsatz + (Wassergewinnung/Wasseraufbereitung)	12
157	Trinkwassertemperatur + (Wasserverteilung)	12
149	Grundwasserentnahme + (Wasserwirtschaft)	10
146	Exfiltration: Eintrag von Abwasser in Wasserressource + (Wasserwirtschaft)	9

Tabelle 12: Ranking nach der aggregierten Risikohöhe der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens B (Ausschnitt der Tabelle 85 Anhang I)

Der Tabelle 12 können die höchsten aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen entnommen werden. Diese verdeutlicht, dass vor allem die Ursachen 115, 121, 130 und 158 die höchsten Risikohöhen verursachen.

Zusätzlich wird untersucht, welche Ziele insgesamt am stärksten durch die Risikohöhen betroffen werden. Hierfür werden die Risikohöhen, die ein Ziel beeinflussen über die Summe aggregiert.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen eines Ziels		
Laufnr.	Ziel	Summe R (B)
301	Erschwinglichkeit	62
307	Refinanzierbarkeit	31,25
303	Kompetenzpotential	30
302	Innovationsfähigkeit	23
305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	22
308	Ressourceneffizienz	22
314	Regionale Einbettung	22
312	Unternehmenskultur	17
306	Prozessqualität	14
310	Steuerbarkeit	11
300	Akzeptanz	9
309	Robustheit	7,5

Tabelle 13: Ranking nach der aggregierten Risikohöhe der Beziehungen der Ziele des Unternehmens B (basiert auf Tabelle 62 Anhang B)

Der Tabelle 13 können die aggregierten Risikohöhen, die Ziele beeinflussen entnommen werden. Sie verdeutlicht, dass die Ziele 301, 307 und 303 aufgrund der hohen aggregierten Risikohöhen am stärksten von einer Abweichung betroffen sind. Sie sind dadurch direkt durch hohe Risiken gefährdet.

Ergebnis für das Unternehmen B

Die Ergebnisse der Metriken der Netzwerkanalyse werden nun mit den Beziehungen, die mit dem höchsten Risiko behaftet sind, in Verbindung gebracht. Auf diese Art und Weise lassen sich die Ursachen aufdecken, welche Ziele am stärksten gefährden, sowie die konkret am stärksten gefährdeten Ziele. Die Gefährdung der Ziele oder die Gefahr, die von Ursachen ausgeht, ist dabei einerseits durch ihre Position und andererseits durch die Höhe ihrer Risikobeziehungen erschließbar. Diese Unterscheidung ist, wie schon oben erwähnt, aus mehreren Gründen wichtig. Sie soll verdeutlichen, dass die Elemente aufgrund ihrer Position im Netzwerk einen inhärenten Charakter oder ein Potential haben, der in der hier betrachteten Momentaufnahme der Risikohöhen, eventuell nicht zur Geltung kommt. Wird beides, Position und Risikohöhe, berücksichtigt, ergibt sich daraus eine allgemeinere Aussage über den Zustand des Netzwerks.

Folgende Resultate basieren auf den Tabellen 1-5 sowie 10-13 und der Tabelle 68. Sieben der zwölf Ziele stehen in mindestens einer risikoreichen Beziehung. Die Ziele 301, 312, 305 und 306 haben ein besonders hohes Incloseness und werden deshalb am stärksten beeinflusst. Von diesen stehen insgesamt die Ziele 301 und 305 zusätzlich in hoch bewerteten Risikobeziehungen. Allein das Ziel 309 steht weder in einer risikoreichen Beziehung, noch hat es ein hohes Incloseness.

Maßnahmen können generell an den Ursachen mit einer aggregierten Risikohöhe $R > 11$, siehe Ranking der Tabelle 12, ansetzen. Hervorzuheben sind die Ursachen 130 und 158, da von diesen nicht nur ein hohes aggregiertes Risiko ausgeht, sondern auch ein hohes Outcloseness aufweisen. Diese Ursachen beeinflussen deshalb das Netzwerk am stärksten. Das Element 158 beeinflusst die Elemente 267, 251, 256 und 266. Das Element 130 beeinflusst die Elemente 216, 206 und 224. Von diesen Auswirkungen haben die 206 und 267 wiederum ein hohes Betweenness und Indegree. Aufgrund des hohen Einflusses der Ursachen 158 und 130 sollten Maßnahmen an ihnen ansetzen. Die Entfaltung ihrer Wirkung kann an den entsprechenden Auswirkungen 267 und 206 rasch festgestellt werden.

Das Element mit der Nr. 149 hat nicht nur ein hohes Outcloseness, sondern steht auch in einer hochbewerteten Risikobeziehung. Zudem beeinflusst das Element 149 das Element 265, welches wiederum ein hohes Outdegree und Betweenness hat. Das Element 265 hat zwar kein hohes Outcloseness, kann aber als ein lokaler Verstärker des Elements 149 angesehen werden, da es besonders gut Informationen weiterleitet. Diese Risikobeziehung bedarf somit Beachtung, weshalb Maßnahmen an der Ursache 149 ansetzen sollen.

Im NaCoSi Projekt wurden die Elemente nicht nur nach ihrer Art kategorisiert, sondern auch Prozessen zugeordnet. Im Folgenden sollen die gewonnenen Ergebnisse im Hinblick auf die Zuordnung der Elemente zu ihren Prozessen untersucht werden. Dieses Vorgehen dient der Feststellung besonders gefährdeter Prozesse.

Das Element 158 (Trinkwasserverbrauch -) gehört den Prozessen kaufmännische Aufgaben und Wasserverteilung zugeordnet an. Das Element 130 (Outsourcing +) ist den Prozessen „mehrere“ und Personal- und Sozialwesen zugeordnet. Das Element 149 (Grundwasserentnahme +) wiederum gehört dem Prozess der Wasserwirtschaft an.

Werden die Prozesse der Ursachen (siehe Tabelle 12) betrachtet, so lässt sich anhand der obigen Untersuchung erkennen, dass kein Prozess in besonderer Art und Weise betroffen ist.

Zusammenfassend sind die Ursachen 158, 130 und 149 als signifikante Risikoauslöser mit hohem Risikopotential zu sehen. Diese bilden somit einen geeigneten Angriffspunkt für Maßnahmen. Bezüglich der Ziele ist 309 von Risiken kaum beeinflusst und somit nicht gefährdet. Besonderer Beachtung bedürfen die Ziele 301 und 305 aufgrund ihrer Position und ihrer Risikobeziehungen.

4.2.1.3. Vergleich der Ergebnisse der Unternehmen A und B

Die Ergebnisse der Netzwerkanalyse betreffen beide Unternehmen gleichermaßen. Aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der Risikobeziehungen durch die Unternehmen differieren am Ende deren Ergebnisse. Die Firmen hatten bei der Risikobewertung allerdings denselben Beurteilungsmaßstab, deshalb können die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Gemeinsam ist beiden, dass sie von der Ursache 158 stark betroffen sind und dass das Ziel 301 in einer besonders risikoreichen Situation steht. Auch das Ziel 312 befindet sich bei beiden Unternehmen in einer empfindlichen Risikolage. Das Ziel 305 steht bei beiden Unternehmen in einer mittleren Risikolage. Darüber hinaus ist das Ziel 309 bei beiden Unternehmen nicht gefährdet.

Zudem ist im Unternehmen A der Prozess Leitung, Zentrale Aufgaben und Organisation gefährdeter als andere. Dagegen ist im Unternehmen B kein Prozess besonders auffällig.

Insgesamt ist die Risikosituation in beiden Unternehmen vergleichbar.

4.2.2. Abwasserbeseitigungssystem

Die Darstellung des Netzwerks des Abwasserbeseitigungssystems kann dem Anhang F entnommen werden. Die Berechnung der Metriken erfolgt mit UCINET, deren Ergebnisse im Anhang D zu finden sind.

Die Netzwerkanalyse mit UCINET liefert für das Netzwerk eine Dichte von 0,01118. Für ein kleines Netzwerk ist ein Dichtewert ab 0,4 nach Jansen (2006, S. 95) ein Indiz für Kohäsion. Die Vernetzung sowie der Informationsaustausch sind

somit im vorliegenden Netzwerk als sehr gering anzusehen. Der Inhalt der Relationen, also die Risiken, ist allerdings in einem Netzwerk für die Analyse und Interpretation mindestens genauso bedeutend wie die bloße Anzahl an vorhandenen Beziehungen. Die Bedeutung des Vernetzungsgrades an sich ist von der Annahme über die Veränderlichkeit der vorliegenden Daten abhängig. Wird das Netzwerk als dynamisch angesehen, sodass es in Zukunft mehr Beziehungen als die jetzigen aufbauen kann, so kann der derzeitige Zustand als vorteilhaft bewertet werden. Denn sollten mehr Risikobeziehungen aufgebaut werden und somit der Vernetzungsgrad steigen, steigt damit gleichzeitig die Gefahr der Abweichung der Ziele. Der jetzige, geringe Vernetzungsgrad ist somit positiv zu bewerten. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Metriken der Netzwerkanalyse vorgestellt, welche die positionelle Zentralität der Elemente wiedergeben.

Degree Zentralität (siehe 3.2.2)

Die Degree-Analyse mit UCINET zeigt die aktivsten und passivsten Elemente. Dieses Maß unterstreicht die lokale Zentralität der Elemente. Die Elemente mit dem höchsten Outdegree und somit höchster direkter Aktivität können der Tabelle 14 entnommen werden.

Ranking Outdegree		
Element	Outdegree	Indegree
100	6	0
105	4	0
207	4	1
237	4	2
103	3	0
106	3	0
130	3	0

Tabelle 14: Ranking nach höchstem Outdegree im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 70 Anhang D)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Ursachen und Auswirkungen ein Outdegree. Ein Outdegree haben 97 der 110 Elemente und von diesen 97 haben 73 eine einzige ausgehende Beziehung. Dies spiegelt die geringe Dichte und somit den geringen Vernetzungsgrad wider.

Vor allem die Ursachen mit den Nummern 100 und 105 sind aufgrund ihres Outdegrees als lokal wichtige Einflussgrößen und können Ansatzpunkte für die Einleitung von Maßnahmen sein. Weitere lokal relevante Ursachen sind 103, 106 und 130. Die nachfolgenden Untersuchungen werden zeigen, ob sich ihr Beeinflussungsgrad auf das Gesamtnetzwerk erstreckt.

Die Elemente 207 und 237 beeinflussen mehr, als sie beeinflusst werden; ob sie eine wichtige Rolle im Netzwerk spielen, wird sich erst aus ihrer Outcloseness erschließen.

Die Elemente mit dem höchsten Indegree und somit höchsten Passivität können der Tabelle 15 entnommen werden.

Ranking Indegree		
Element	Outdegree	Indegree
312	0	11
301	0	10
306	0	10
300	0	6
303	0	6
313	0	5
308	0	4
305	0	4
238	1	4
302	0	3
307	0	3
216	1	3
202	2	3

Tabelle 15: Ranking nach höchstem Indegree im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 71 Anhang D)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele ein Indegree. Ein Indegree haben 68 der 110 und von diesen 68 haben 20 mehr als eine eingehende Beziehung.

Die Ziele 312, 301, 306, 300 und 303 werden am stärksten beeinflusst, somit ist die Gefahr der Abweichung ihres Soll-Zustands hoch. Dagegen haben die Ziele 304 sowie 310 zwei und das Ziel 311 eine einzige eingehende Beziehung und sind somit erst einmal positionell nicht gefährdet. Weitere Untersuchungen werden erst konkret zeigen, ob diese Ziele in risikoreiche Beziehungen stehen.

Die Auswirkungen 238, 216 und 202 werden stärker beeinflusst, als sie selbst Einfluss nehmen. Ihre Rolle im Netzwerk wird sich durch ihre Incloseness, der Effizienz ihrer Beeinflussbarkeit, zeigen.

Closeness Zentralität (siehe 3.2.3)

Die Closeness-Analyse mit UCINET zeigt die Elemente an, die am effizientesten andere beeinflussen oder beeinflusst werden. Effizient bedeutet, dass diese häufiger als andere über gewisse Pfaddistanzen andere Elemente erreichen oder erreicht werden. Diese Analyse berücksichtigt im Gegensatz zum Degree die indirekten Beziehungen und somit den Gesamteinfluss. Daran lassen sich im Gegensatz zum Degree globale Einflussgrößen erkennen.

Die Elemente mit dem höchsten Outcloseness können der Tabelle 16 entnommen werden.

Ranking Outcloseness		
Element	OutCloseness	InCloseness
100	0,165137619	0
106	0,128440365	0
104	0,110091746	0
105	0,110091746	0
127	0,082568809	0
130	0,082568809	0
124	0,073394492	0
140	0,073394492	0

Tabelle 16: Ranking nach höchstem Outcloseness im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 72 Anhang D)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Ursachen und Auswirkungen ein Outcloseness. Ein Outcloseness haben daher 97 der 110 Elemente. Eine Incloseness von Null bedeutet die Unerreichbarkeit eines Elements und somit seine Unbeeinflussbarkeit.

Die Ursachen mit den Nummern 100, 106, 130 und 105 haben somit nicht nur ein hohes Outdegree, sondern auch ein hohes Outcloseness. Diese Elemente beeinflussen direkt sowie indirekt das Netzwerk am stärksten. Damit sind sie gute Ansatzpunkte für die Einleitung von Maßnahmen. Die zu überprüfenden Elemente 207 und 237 aus der Outdegree-Analyse spielen aufgrund ihrer geringen

Outcloseness keine größere Rolle im Gesamtnetzwerk. Dagegen sind die Elemente mit den Nummern 104, 127, 124 und 140 aktiv am Gesamtnetzwerk beteiligt und sollten beachtet werden, da ihr Einflussgrad hoch ist.

Die Elemente mit dem höchsten Incloseness können der Tabelle 17 entnommen werden.

Ranking Incloseness		
Element	OutCloseness	InCloseness
301	0	0,366972476
312	0	0,302752286
306	0	0,25688073
303	0	0,229357794
300	0	0,220183492
313	0	0,155963302
305	0	0,128440365
308	0	0,110091746
307	0	0,100917429

Tabelle 17: Ranking nach höchstem Incloseness im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 73 Anhang D)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele ein Incloseness. Ein Incloseness haben daher 68 der 110 Elemente.

Die Ziele 301, 312, 306, 303 und 300 werden dieser Analyse nach am stärksten - aufgrund ihrer Erreichbarkeit über kurze Pfaddistanzen - beeinflusst. Die Ziele 313, 305, 308 und 307 sind auch stark gefährdet. Allein die Ziele 304 sowie 310, die zwei eingehende Beziehungen, und das Ziel 311, das eine einzige eingehende Beziehung aufweist, werden vom Netzwerk insgesamt nicht stark beeinflusst (siehe Tabelle 73 Anhang D). Damit bestätigen die Ergebnisse des Inclosenesses die Ergebnisse des Indegrees.

Die zu überprüfenden Auswirkungen 238, 216 und 202 aus der Indegree Analyse werden global aufgrund ihres geringen Incloseness nicht besonders stark beeinflusst, daher ist ihre Verwendung als Indikator von Veränderungen für das Gesamtnetzwerk nicht geeignet.

Betweenness Zentralität (siehe 3.2.4)

Die Betweenness-Analyse mit UCINET zeigt die Elemente, die als Mittler fungieren. Das bedeutet, dass über sie der meiste Informationsfluss abläuft. Gleichzeitig erschließt sich aus der Mittlerfunktion eine Abhängigkeit von anderen Elementen.

Die Elemente mit dem höchsten Betweenness können der Tabelle 18 entnommen werden.

Ranking Betweenness	
Element	Betweenness
237	6,333333492
202	6
207	4
216	4
220	4
238	4
219	3,5

Tabelle 18: Ranking nach höchstem Betweenness im AWBS (Ausschnitt der Tabelle 74 Anhang D)

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen ein Betweenness-Maß.

Die Auswirkungen mit den Nummern 237, 202, 207, 216, 220, 238 und 219 haben im Netzwerk eine Mittlerfunktion inne. Gleichzeitig haben die Elemente 207 und 237 ein hohes Outdegree und die Elemente 238, 216 und 202 ein hohes Indegree. Somit wirken die Elemente 207 und 237 als Sender und die Elemente 238, 216 und 202 als Empfänger. Damit können diese Elemente als lokale Schlüsselknoten des Risikoinformationsflusses angesehen werden. Die Elemente 238, 216 und 202 lassen sich als lokale Indikatoren für Veränderungen einsetzen. Die Elemente 207 und 237 können in Verbindung mit Ursachen, welche ein hohes Outdegree aufweisen, als Verstärker des Risikoinformationsflusses angesehen werden.

Die Metriken der Netzwerkanalyse beziehen sich auf ungewichtete Risikobeziehungen. Aus den daraus resultierenden Ergebnissen lassen sich aber bereits zentrale Ursachen aufdecken und eine Einschätzung über die Risikosituation

der Ziele ableiten. Diese Zentralität ergibt sich aus der Einbettung und Position der Elemente im Netzwerk. Die Zentralität spiegelt den Charakter und das Potential eines Elements wider, jedoch nicht die Qualität der Beziehungen, in denen es sich gerade befindet. Deshalb wird zusätzlich die Risikobewertung der einzelnen Unternehmen als Qualitätsmaß der Beziehungen hinzugezogen. Durch die Betrachtung der Risikohöhen der Beziehungen kann im Anschluss geklärt werden, wie stark die Ziele der Unternehmen durch Risiken gefährdet sind und von welchen Ursachen diese ausgehen.

Im Anschluss erfolgt die Analyse der unternehmensspezifischen Risikobeziehungen im Bereich des Abwasserbeseitigungssystems der Unternehmen C, D und E. Einerseits werden die höchsten Risikohöhen betrachtet und andererseits die höchsten aggregierten Risikohöhen, die von den Ursachen ausgehen sowie die, welche die Ziele am stärksten beeinflussen.

4.2.2.1. Analyse der Risikobeziehungen des Unternehmens C

Ranking nach R des Unternehmens C für die Beziehung Ursache - Auswirkung				
Lauf nr.	Ursache	Lauf nr.	Auswirkung	Risiko (C)
105	Änderung der Rechtslage	220	Investitionsbedarf +	28
109	demografischer Wandel +	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	16
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	207	Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	13,5
100	Ablagerungen im Kanal +	208	Beeinträchtigung Abwasserableitung +	12
105	Änderung der Rechtslage	225	Kosten > geplante Kosten	12
101	Abwasserabgabe +	202	Abwasserentgelt +	10
100	Ablagerungen im Kanal +	237	Spülbedarf +	9
109	demografischer Wandel +	204	Altersstruktur	9
110	Einflussnahme des Kommunal-/ Rates	235	Richtungsunsicherheit der Führungsebene & Mitarbeitende	8
117	fehlende Kompetenzen "Innovation & Recht"	217	falsche Weichenstellung bei Planungen	8
121	Hochwasserereignisse +	244	Überlastung Hochwasserentlastung	8
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	234	Ressourcenverbrauch +	8
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	255	zu späte Reaktion auf sich ändernde Rechtslage	8

Tabelle 19: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens C (basiert auf Tabelle 63 Anhang B)

Ranking nach R des Unternehmens C für die Beziehung Auswirkung - Ziel				
Lauf nr.	Auswirkung	Lauf nr.	Ziel	Risiko (C)
238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	301	Erschwinglichkeit	22
220	Investitionsbedarf +	313	Wirtschaftlichkeit	16
225	Kosten > geplante Kosten	307	Refinanzierbarkeit	16
220	Investitionsbedarf +	301	Erschwinglichkeit	14
208	Beeinträchtigung Abwasserableitung +	301	Erschwinglichkeit	12
216	Fachpersonal -	303	Kompetenzpotential	12
232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	312	Unternehmenskultur	10
204	Altersstruktur	312	Unternehmenskultur	9
201	Absprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	312	Unternehmenskultur	8

202 Abwasserentgelt +	301 Erschwinglichkeit	8
217 falsche Weichenstellung bei Planungen	302 Innovationsfähigkeit	8
232 Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	303 Kompetenzpotential	8
234 Ressourcenverbrauch +	308 Ressourceneffizienz	8
235 Richtungsunsicherheit der Führungsebene & Mitarbeitende	312 Unternehmenskultur	8
244 Überlastung Hochwasserentlastung	305 Leistungsqualität gegenüber den Kunden	8

Tabelle 20: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens C (basiert auf Tabelle 64 Anhang B)

Der Tabelle 19 und Tabelle 20 können die höchsten Risikobeziehungen im Abwasserbeseitigungssystem des Unternehmens C entnommen werden.

Für die Bekämpfung der Abweichung von Zielen müssen die Ursachen erkannt werden, die diese Abweichung auslösen. Vor diesem Hintergrund werden nicht nur die Beziehungen mit den höchsten Risiken betrachtet, sondern auch die kumulierten Risiken, die von jeder Ursache ausgehen. Die Risikohöhen aller ausgehenden Relationen mit einer gemeinsamen Ursache werden über die Summe aggregiert und es wird ein Ranking daraus erstellt. Die vorgegebene Definition der Elemente und somit der Konzeption der Datengrundlage legt ein solche Vorgehensweise nahe. Die Ursachen stellen die Elemente dar, an denen prinzipiell Maßnahmen erfolgen sollen und spielen somit eine essentielle Rolle bei der Risikobekämpfung.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen einer Ursache		
Lauf nr.	Ursache (Prozess)	Summe R (C)
105	Änderung der Rechtslage (mehrere/Abwasserbehandlung)	52
100	Ablagerungen im Kanal + (Abwasserableitung/ kaufm. Aufgaben/Kundenservice)	36
109	demografischer Wandel + (Personal- und Sozialwesen)	25
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage (Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	14
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT (mehrere/Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	13,5
103	Abwassermenge – (Abwasserbehandlung: Kläranlagenbetrieb)	12
101	Abwasserabgabe + (kaufm. Aufgaben/Kundenservice)	10
115	fehlende integrierte Planung (mehrere)	10
118	fehlendes Wissensmanagement (Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation/ Personal- und Sozialwesen)	10
130	Outsourcing + (mehrere/Personal- und Sozialwesen)	10
113	Energieverbrauch + (Abwasserableitung/ kaufm. Aufgaben/Abwasserbehandlung)	9,25

Tabelle 21: Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens C (Ausschnitt der Tabelle 86 Anhang J)

Der Tabelle 21 können die höchsten aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen entnommen werden. Sie zeigt, dass vor allem die Ursachen 105, 100 und 109 die höchsten Risikohöhen verursachen.

Zusätzlich wird untersucht, welche Ziele insgesamt am stärksten durch die Risikohöhen betroffen werden. Hierfür werden die Risikohöhen, die ein Ziel beeinflussen über die Summe aggregiert.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen eines Ziels		
Laufnr.	Ziel	Summe R (C)
301	Erschwinglichkeit	73
312	Unternehmenskultur	60,5
306	Prozessqualität	47
303	Kompetenzpotential	37
313	Wirtschaftlichkeit	26
300	Akzeptanz	25
307	Refinanzierbarkeit	23
308	Ressourceneffizienz	18,25
302	Innovationsfähigkeit	18
305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	16
310	Steuerbarkeit	6

304 Kostengerechtigkeit	3
311 Umweltschutz	2

Tabelle 22: Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens C (basiert auf Tabelle 64 Anhang B)

Der Tabelle 22 können die aggregierten Risikohöhen, die Ziele beeinflussen entnommen werden. Diese zeigt, dass die Ziele 301, 312, 306 und 303 aufgrund der hohen aggregierten Risikohöhen am stärksten von einer Abweichung betroffen sind. Sie sind dadurch direkt durch hohe Risiken gefährdet.

Ergebnis für das Unternehmen C

Die Ergebnisse der Metriken der Netzwerkanalyse werden nun mit den Beziehungen, die mit dem höchsten Risiko behaftet sind, in Verbindung gebracht. Auf diese Art und Weise lassen sich die Ursachen aufdecken, welche die Ziele am stärksten gefährden, sowie die konkret am stärksten gefährdeten Ziele. Die Gefährdung der Ziele oder die Gefahr, die von Ursachen ausgeht, ist dabei einerseits durch ihre Position und andererseits durch die Höhe ihrer Risikobeziehungen erschließbar. Diese Unterscheidung ist, wie schon oben erwähnt, aus mehreren Gründen wichtig. Sie soll verdeutlichen, dass die Elemente aufgrund ihrer Position im Netzwerk einen inhärenten Charakter oder ein Potential haben, der in der hier betrachteten Momentaufnahme der Risikohöhen eventuell nicht zur Geltung kommt. Wird beides, Position und Risikohöhe, berücksichtigt, ergibt sich daraus eine allgemeinere Aussage über den Zustand des Netzwerks.

Folgende Resultate basieren auf den Tabellen 14-18 sowie 19-22 und der Tabelle 73.

Sieben der 13 Ziele stehen in mindestens einer risikoreichen Beziehung. Die Ziele 301, 312, 306, 303 und 300 haben ein besonders hohes Incloseness und werden deshalb am stärksten beeinflusst. Von diesen stehen die Ziele 312 und 301 zusätzlich in hoch bewerteten Risikobeziehungen. Allein die Ziele 311, 310 und 304 stehen weder in einer risikoreichen Beziehung, noch haben sie ein hohes Incloseness.

Maßnahmen können generell an den Ursachen mit einer aggregierten Risikohöhe $R > 20$, siehe Ranking der Tabelle 21, ansetzen. Hervorzuheben sind die Ursachen

105 und 100, da von diesen nicht nur ein hohes aggregiertes Risiko ausgeht, sondern auch ein hohes Outcloseness aufweisen. Diese Ursachen beeinflussen deshalb das Netzwerk am stärksten. Zusätzlich beeinflusst die Ursache 100 unter anderem das Element 237, welches sowohl ein hohes Betweenness, als auch Outdegree hat. Diese Auswirkung ist somit ein lokaler Verstärker. Aufgrund des hohen Einflusses der Ursachen 105 und 100 sollten Maßnahmen an diesen ansetzen.

Im NaCoSi Projekt wurden die Elemente nicht nur nach ihrer Art kategorisiert, sondern auch Prozessen zugeordnet. Im Folgenden sollen die gewonnen Ergebnisse im Hinblick auf die Zuordnung der Elemente zu ihren Prozessen untersucht werden. Dieses Vorgehen dient der Feststellung besonders gefährdeter Prozesse.

Das Element 105 (Änderung der Rechtslage) gehört den Prozessen „mehrere“ und Abwasserbehandlung an. Das Element 100 (Ablagerungen im Kanal +) ist den Prozessen Abwasserableitung, kaufmännische Aufgaben sowie Kundenservice zugeordnet.

Werden die Prozesse der Ursachen (siehe Tabelle 21) betrachtet, so lässt sich anhand der obigen Untersuchung erkennen, dass kein Prozess besonders betroffen ist.

Zusammenfassend sind die Ursachen 105 und 100 als signifikante Risikoauslöser mit hohem Risikopotential zu sehen. Diese bilden einen geeigneten Angriffspunkt für Maßnahmen. Bezüglich der Ziele sind 311, 310 und 304 von Risiken kaum beeinflusst und somit nicht gefährdet. Besonderer Beachtung bedürfen die Ziele 301 und 312 aufgrund ihrer Position und ihrer Risikobeziehungen.

4.2.2.2. Analyse der Risikobeziehungen des Unternehmens D

Ranking nach R des Unternehmens D für die Beziehung Ursache - Auswirkung				
Lauf nr.	Ursache	Lauf nr.	Auswirkung	Risiko (D)
124	Kanalsanierung -	221	Kanalzustand -	41
109	demografischer Wandel +	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	32
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	255	zu späte Reaktion auf sich ändernde Rechtslage	24
100	Ablagerungen im Kanal +	237	Spülbedarf +	22

127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	207	Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	21,75
123	Kanalnetz Anteil ZK 0 und 1 +	220	Investitionsbedarf +	20
124	Kanalсанierung -	236	Sanierungsstau	20
105	Änderung der Rechtslage	220	Investitionsbedarf +	16
114	Erneuerungsrate < 1	252	Verfügbarkeit funktionstüchtiger Kanäle -	16
115	fehlende integrierte Planung	225	Kosten > geplante Kosten	16
128	Mitarbeiterzahl -	243	Überlastung der verbliebenen Mitarbeiter	16
130	Outsourcing +	216	Fachpersonal -	16
131	rechtlich geforderte Neuinvestitionen +	202	Abwasserentgelt +	16
103	Abwassermenge -	210	Belüftung stärker als nötig	15
126	keine Gebührenanpassung	251	verfügbares Kapital -	15

Tabelle 23: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens D (basiert auf Tabelle 63 Anhang B)

Ranking nach R des Unternehmens D für die Beziehung Auswirkung - Ziel				
Lauf nr.	Auswirkung	Lauf nr.	Ziel	Risiko (D)
216	Fachpersonal -	303	Kompetenzpotential	32
220	Investitionsbedarf +	301	Erschwinglichkeit	28
238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	301	Erschwinglichkeit	26
221	Kanalzustand -	301	Erschwinglichkeit	25
225	Kosten > geplante Kosten	307	Refinanzierbarkeit	24
202	Abwasserentgelt +	300	Akzeptanz	20
236	Sanierungsstau	313	Wirtschaftlichkeit	20
201	Absprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	312	Unternehmenskultur	18
221	Kanalzustand -	300	Akzeptanz	16
232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	303	Kompetenzpotential	16
243	Überlastung der verbliebenen Mitarbeiter	312	Unternehmenskultur	16
252	Verfügbarkeit funktionstüchtiger Kanäle -	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	16
210	Belüftung stärker als nötig	313	Wirtschaftlichkeit	15
251	verfügbares Kapital -	307	Refinanzierbarkeit	15

Tabelle 24: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens D (basiert auf Tabelle 64 Anhang B)

Der Tabelle 23 und Tabelle 24 können die höchsten Risikobeziehungen im Abwasserbeseitigungssystem des Unternehmens D entnommen werden.

Die folgende Vorgehensweise ist analog der in Unternehmen C. Die Risikohöhen aller ausgehenden Relationen mit einer gemeinsamen Ursache werden über die

Summe aggregiert und daraus wird ein Ranking erstellt. Die vorgegebene Definition der Elemente und somit der Konzeption der Datengrundlage legt ein solche Vorgehensweise nahe. Die Ursachen stellen die Elemente dar, an denen prinzipiell Maßnahmen erfolgen sollen und spielen somit eine essentielle Rolle bei der Risikobekämpfung.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen einer Ursache		
Laufnr.	Auswirkung	Risiko R (D)
100	Ablagerungen im Kanal + (Abwasserableitung/ kaufm. Aufgaben/ Kundenservice)	70
124	Kanalsanierung - (Abwasserableitung)	61
109	demografischer Wandel + (Personal- und Sozialwesen)	41
105	Änderung der Rechtslage (mehrere/Abwasserbehandlung)	36
103	Abwassermenge - (Abwasserbehandlung: Kläranlagenbetrieb)	31
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage (Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	30
115	fehlende integrierte Planung (mehrere)	24
130	Outsourcing + (mehrere/Personal- und Sozialwesen)	24
106	Anschlussgrad - (Personal- und Sozialwesen/kaufm. Aufgaben)	22
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT (mehrere/Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	21,75
123	Kanalnetz Anteil ZK 0 und 1 + (Abwasserableitung)	20
125	Kapital - (mehrere/Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	18

Tabelle 25: Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens D (Ausschnitt der Tabelle 87 Anhang J)

Der Tabelle 25 können die höchsten aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen entnommen werden. Sie verdeutlicht, dass vor allem die Ursachen 100, 124, 109, 105, 103 sowie 140 die höchsten Risikohöhen verursachen.

Zusätzlich wird untersucht, welche Ziele insgesamt am stärksten durch die Risikohöhen betroffen werden. Hierfür werden die Risikohöhen, die ein Ziel beeinflussen über die Summe aggregiert.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen eines Ziels		
Laufnr.	Ziel	Summe R (D)
301	Erschwinglichkeit	128
312	Unternehmenskultur	98,75

306	Prozessqualität	78
303	Kompetenzpotential	68
300	Akzeptanz	63
313	Wirtschaftlichkeit	55
307	Refinanzierbarkeit	51
305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	41
308	Ressourceneffizienz	29
302	Innovationsfähigkeit	21
311	Umweltschutz	12
310	Steuerbarkeit	10
304	Kostengerechtigkeit	7

Tabelle 26: Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens D (basiert auf Tabelle 64 Anhang B)

Der Tabelle 26 können die aggregierten Risikohöhen, die Ziele beeinflussen entnommen werden. Diese zeigt, dass die Ziele 301, 312, 306, 303, 300, 313, 307 und 305 aufgrund der aggregierten Risikohöhen am stärksten von einer Abweichung betroffen sind. Sie sind dadurch direkt durch hohe Risiken gefährdet.

Ergebnis für das Unternehmen D

Die Ergebnisse der Metriken der Netzwerkanalyse werden nun mit den Beziehungen, die mit dem höchsten Risiko behaftet sind, in Verbindung gebracht. Auf diese Art und Weise lassen sich die Ursachen aufdecken, welche die Ziele am stärksten gefährden, sowie die konkret am stärksten gefährdeten Ziele. Die Gefährdung der Ziele oder die Gefahr, die von Ursachen ausgeht, ist dabei einerseits durch ihre Position und andererseits durch die Höhe ihrer Risikobeziehungen erschließbar. Diese Unterscheidung ist, wie schon oben erwähnt, aus mehreren Gründen wichtig. Sie soll verdeutlichen, dass die Elemente aufgrund ihrer Position im Netzwerk einen inhärenten Charakter oder ein Potential haben, der in der hier betrachteten Momentaufnahme der Risikohöhen eventuell nicht zur Geltung kommt. Wird beides, Position und Risikohöhe, berücksichtigt, ergibt sich daraus eine allgemeinere Aussage über den Zustand des Netzwerks.

Folgende Resultate basieren auf den Tabellen 14-18 sowie 23-26 und der Tabelle 73.

Neun der 13 Ziele stehen in mindestens einer risikoreichen Beziehung. Die Ziele 301, 312, 306, 303 und 300 haben ein besonders hohes Incloseness und werden somit am stärksten beeinflusst. Gleichzeitig stehen die Ziele 301, 312, 303 und 300 in hoch bewerteten Risikobeziehungen. Allein die Ziele 304, 310 und 311 stehen weder in einer risikoreichen Beziehung, noch haben sie ein hohes Incloseness.

Maßnahmen können generell an den Ursachen mit einer aggregierten Risikohöhe $R > 20$, siehe Ranking der Tabelle 25, ansetzen. Hervorzuheben sind die Ursachen 100, 124 und 105, da von diesen nicht nur ein hohes aggregiertes Risiko ausgeht, sondern auch ein hohes Outcloseness aufweisen. Diese Ursachen beeinflussen deshalb das Netzwerk am stärksten. Zusätzlich beeinflusst die Ursache 100 unter anderem das Element 237, welches sowohl ein hohes Betweenness, als auch Outdegree hat. Diese Auswirkung ist somit ein lokaler Verstärker.

Aufgrund des hohen Einflusses der Ursachen 100, 124 und 105 sollten Maßnahmen an ihnen ansetzen.

Im NaCoSi Projekt wurden die Elemente nicht nur nach ihrer Art kategorisiert, sondern auch Prozessen zugeordnet. Im Folgenden sollen die gewonnen Ergebnisse im Hinblick auf die Zuordnung der Elemente zu ihren Prozessen aufgezeigt werden. Dieses Vorgehen dient der Feststellung besonders gefährdeter Prozesse.

Das Element 100 (Ablagerungen im Kanal +) ist den Prozessen Abwasserableitung, kaufmännische Aufgaben sowie Kundenservice zugeordnet. Das Element 105 (Änderung der Rechtslage) gehört den Prozessen „mehrere“ sowie Abwasserbehandlung an. Das Element 214 (Kanalsanierung -) ist dem Prozess Abwasserableitung zugeordnet.

Werden die Prozesse der Ursachen (siehe Tabelle 25) betrachtet, so lässt sich anhand der obigen Untersuchung erkennen, dass kein Prozess besonders betroffen ist.

Zusammenfassend sind die Ursachen 105, 124 und 100 erhebliche Risikoauslöser mit hohem Risikopotential. Diese bilden dadurch einen geeigneten Angriffspunkt für Maßnahmen. Bezüglich der Ziele sind 304, 310 und 311 kaum beeinflusst und

nicht gefährdet. Besonderer Beachtung bedürfen die Ziele 301, 312, 306, 303 und 300 aufgrund ihrer Position und ihrer Risikobeziehungen.

4.2.2.3. Analyse der Risikobeziehungen des Unternehmens E

Ranking nach R des Unternehmens E für die Beziehung Ursache - Auswirkung				
Lauf nr.	Ursache	Lauf nr.	Auswirkung	Risiko (E)
105	Änderung der Rechtslage	220	Investitionsbedarf +	23
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	207	Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	16
100	Ablagerungen im Kanal +	237	Spülbedarf +	12
101	Abwasserabgabe +	202	Abwasserentgelt +	12
105	Änderung der Rechtslage	231	neue Grenzwerte können mit aktueller Technik nicht mehr eingehalten werden	12
105	Änderung der Rechtslage	245	Überschreitung der gegebenen Grenzwerte	12
112	Energiepreise +	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	12
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	211	betrieblicher Handlungsspielraum -	12
124	Kanalsanierung -	221	Kanalzustand -	10
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	223	Konflikte mit Stakeholdern +	9
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	234	Ressourcenverbrauch +	9
135	Rohstoffverbrauch +	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	9
109	demografischer Wandel +	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	8

Tabelle 27: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Ursache und Auswirkung des Unternehmens E (basiert auf Tabelle 63 Anhang B)

Ranking nach R des Unternehmens E für die Beziehung Auswirkung - Ziel				
Lauf nr.	Auswirkung	Lauf nr.	Ziel	Risiko (E)
238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	301	Erschwinglichkeit	31
220	Investitionsbedarf +	301	Erschwinglichkeit	13
211	betrieblicher Handlungsspielraum -	306	Prozessqualität	12
220	Investitionsbedarf +	313	Wirtschaftlichkeit	12
231	neue Grenzwerte können mit aktueller Technik nicht mehr eingehalten werden	306	Prozessqualität	12
245	Überschreitung der gegebenen Grenzwerte	306	Prozessqualität	12

216 Fachpersonal -	303 Kompetenz-potential	10,5
202 Abwasserentgelt +	300 Akzeptanz	10
223 Konflikte mit Stakeholdern +	300 Akzeptanz	9
234 Ressourcenverbrauch +	308 Ressourcen-effizienz	9

Tabelle 28: Ranking der Risikobeziehungen zwischen Auswirkung und Ziel des Unternehmens E (basiert auf Tabelle 64 Anhang B)

Der Tabelle 27 und Tabelle 28 können die höchsten Risikobeziehungen im Abwasserbeseitigungssystem des Unternehmens E entnommen werden.

Die folgende Vorgehensweise ist analog der in Unternehmen C. Die Risikohöhen aller ausgehenden Relationen mit einer gemeinsamen Ursache werden über die Summe aggregiert und es wird ein Ranking daraus erstellt. Die vorgegebene Definition der Elemente und somit der Konzeption der Datengrundlage legt ein solche Vorgehensweise nahe. Die Ursachen stellen die Elemente dar, an denen prinzipiell Maßnahmen erfolgen sollen und spielen somit eine essentielle Rolle bei der Risikobekämpfung.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen einer Ursache		
Lauf nr.	Ursache (Prozess)	Risiko R (E)
105	Änderung der Rechtslage (mehrere/Abwasserbehandlung)	49
100	Ablagerungen im Kanal + (Abwasserableitung/ kaufm. Aufgaben/ Kundenservice)	23
124	Kanalsanierung - (Abwasserableitung)	16
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT (mehrere/Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	16
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage (Leitung, Zentrale Aufgaben, Organisation)	16
101	Abwasserabgabe + (kaufm. Aufgaben/Kundenservice)	12
112	Energiepreise + (kaufm. Aufgaben)	12
103	Abwassermenge - (Abwasserbehandlung: Kläranlagenbetrieb)	11
109	demografischer Wandel + (Personal- und Sozialwesen)	10

Tabelle 29: Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ursachen des Unternehmens E (Ausschnitt der Tabelle 86 Anhang J)

Der Tabelle 29 können die höchsten aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen entnommen werden. Diese zeigt, dass vor allem die Ursachen 105 und 100 die höchsten Risikohöhen verursachen.

Zusätzlich wird untersucht, welche Ziele insgesamt am stärksten durch die Risikohöhen betroffen werden. Hierfür werden die Risikohöhen, die ein Ziel beeinflussen über die Summe aggregiert.

Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen eines Ziels		
Laufnr.	Ziel	Summe R (E)
301	Erschwinglichkeit	77
306	Prozessqualität	68
312	Unternehmenskultur	32
300	Akzeptanz	31
313	Wirtschaftlichkeit	25
303	Kompetenzpotential	23,5
308	Ressourceneffizienz	16,5
302	Innovationsfähigkeit	16
307	Refinanzierbarkeit	16
305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	10
304	Kostengerechtigkeit	6
310	Steuerbarkeit	5
311	Umweltschutz	2

Tabelle 30: Ranking der aggregierten Risikohöhen der Beziehungen der Ziele des Unternehmens E (basiert auf Tabelle 64 Anhang B)

Der Tabelle 30 können die aggregierten Risikohöhen, die Ziele beeinflussen entnommen werden. Diese verdeutlicht, dass die Ziele 301 und 306 aufgrund der hohen aggregierten Risikohöhen am stärksten von einer Abweichung betroffen sind. Sie sind dadurch direkt durch hohe Risiken gefährdet.

Ergebnis für das Unternehmen E

Die Ergebnisse der Metriken der Netzwerkanalyse werden nun mit den Beziehungen, die mit dem höchsten Risiko behaftet sind, in Verbindung gebracht. Auf diese Art und Weise lassen sich die Ursachen aufdecken, welche Ziele am stärksten gefährden, sowie die konkret am stärksten gefährdeten Ziele. Die Gefährdung der Ziele oder die Gefahr, die von Ursachen ausgeht, ist dabei einerseits durch ihre Position und andererseits durch die Höhe ihrer Risikobeziehungen erschließbar. Diese Unterscheidung ist, wie schon oben erwähnt, aus mehreren Gründen wichtig. Sie soll verdeutlichen, dass die Elemente aufgrund ihrer Position im Netzwerk einen inhärenten Charakter oder ein Potential

haben, der in der hier betrachteten Momentaufnahme der Risikohöhe eventuell nicht zur Geltung kommt. Wird beides, Position und Risikohöhe, berücksichtigt, ergibt sich daraus eine allgemeinere Aussage über den Zustand des Netzwerks.

Folgende Resultate basieren auf den Tabellen 14-18 sowie 27-30 und der Tabelle 73.

Eines der 13 Ziele steht in mindestens einer risikoreichen Beziehung. Die Ziele 301 und 306 haben ein besonders hohes Incloseness und werden deshalb am stärksten beeinflusst. Zusätzlich stehen diese in hohen Risikobeziehungen.

Maßnahmen können generell an den Ursachen mit einer aggregierten Risikohöhe $R > 20$, siehe Ranking der Tabelle 29, ansetzen. Hervorzuheben sind die Ursachen 105 und 100, da von ihnen nicht nur ein hohes aggregiertes Risiko ausgeht, sondern auch ein hohes Outcloseness aufweisen. Diese Ursachen beeinflussen deshalb das Netzwerk am stärksten. Zusätzlich beeinflusst die Ursache 100 unter anderem das Element 237, welches sowohl ein hohes Betweenness als auch Outdegree hat. Diese Auswirkung ist somit ein lokaler Verstärker. Aufgrund des hohen Einflusses der Ursachen 105 und 100 sollten Maßnahmen an diesen ansetzen.

Im NaCoSi Projekt wurden die Elemente nicht nur nach ihrer Art kategorisiert, sondern auch Prozessen zugeordnet. Im Folgenden sollen die gewonnen Ergebnisse im Hinblick auf die Zuordnung der Elemente zu ihren Prozessen aufgezeigt werden. Dieses Vorgehen dient der Feststellung besonders gefährdeter Prozesse.

Das Element 105 (Änderung der Rechtslage) gehört den Prozessen „mehrere“ und Abwasserbehandlung an. Das Element 100 (Ablagerungen im Kanal +) ist den Prozessen Abwasserableitung, kaufmännische Aufgaben sowie Kundenservice zugeordnet.

Werden die Prozesse der Ursachen (siehe Tabelle 29) betrachtet, so lässt sich anhand der obigen Untersuchung erkennen, dass kein Prozess besonders betroffen ist.

Zusammenfassend sind die Ursachen 105 und 100 als signifikante Risikoauslöser mit hohem Risikopotential zu sehen. Diese bilden einen geeigneten Angriffspunkt für Maßnahmen. Bezüglich der Ziele bedürfen nur die Ziele 301 und 306 Beachtung

aufgrund ihrer Position und ihrer Risikobeziehungen. Die restlichen Ziele sind den Risiken wenig ausgesetzt und somit nicht gefährdet.

4.2.2.4. Vergleich der Ergebnisse der Unternehmen C, D und E

Die Ergebnisse der Netzwerkanalyse betreffen die drei Unternehmen gleichermaßen. Aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der Risikobeziehungen durch die Unternehmen differieren am Ende deren Ergebnisse. Die Firmen hatten allerdings bei der Risikobewertung denselben Beurteilungsmaßstab, deshalb können die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Gemeinsam ist den Unternehmen, dass sie von den Ursachen 100 und 105 stark betroffen sind und dass das Ziel 301 in einer besonders risikoreichen Situation steht. Auch das Ziel 306 ist bei den Unternehmen in einer Risikolage. Außerdem sind die Ziele 311, 304 und 310 bei den Unternehmen nicht gefährdet. Insgesamt steht das Unternehmen E vergleichsweise am besten dar. Dieses hat die wenigsten gefährdeten Ziele, gefolgt von den Unternehmen C und D.

Darüber hinaus ist in allen drei Unternehmen kein Prozess besonders auffällig.

4.3. Einflussmatrix

Die Einflussmatrix soll durch das Charakterisieren der Elemente deren Rolle im System kenntlich machen. Die Charakterisierung erfolgt hinsichtlich der Einflussnahme, Beeinflussbarkeit, sowie der Beteiligung am System. Die Aussage über eine Rollenverteilung ist möglich, da diese Kategorisierung unter Betrachtung aller Elemente stattfindet und dadurch ihre Einbettung im System berücksichtigt wird. Somit wird durch die Charakterisierung ein besseres Verständnis über das System gewonnen.

Es werden zwei Analysen durchgeführt, eine allgemeine und eine unternehmensspezifische. Die erste Untersuchung berechnet die Maßzahlen der normierten, und die zweite, die mit den jeweiligen unternehmensspezifischen Risikohöhen gewichtete Einflussmatrix. Die allgemeine Untersuchung identifiziert relevante Elemente aufgrund ihres Wirkens im System. Ziel dieser Analyse ist es, die inhärenten Attribute der Elemente sichtbar werden zu lassen. Die spezifische Betrachtung berücksichtigt zusätzlich die jeweiligen Risikohöhen und somit die Gewichtung der Beziehungen. Durch einen Vergleich beider Analysen soll

identifiziert werden, inwiefern es eine Korrelation oder Differenzierung zwischen deren Ergebnissen gibt. Im Falle einer Korrelation führt das Ergebnis zu einer Bestätigung der inhärenten Charaktereigenschaften. Die Vorgehensweise in der Analyse ist vergleichbar mit der aus der Netzwerkanalyse, da die Intention die gleiche ist. Erstens können sich die Risikohöhen aufgrund neuer Erkenntnisse und Daten eher ändern als die Einbettung eines Elements im System (Dies ist eine Grundannahme zur Analyse in dieser Ausarbeitung; siehe 3.3). Zweitens ist eine diffuse Einwirkung von Risiken aus dem System auf ein Ziel genauso wichtig wie eine konkrete und direkte Einwirkung über eine Risikohöhe. Die diffuse Einwirkung ist auf den Informationsfluss und die direkte Einwirkung auf die betrachtete Momentaufnahme der Risikohöhe zurückzuführen. Diese differenzierte Betrachtung soll verdeutlichen, dass die Elemente aufgrund ihrer Einbettung im System einen inhärenten Charakter oder ein Potential haben. Durch die alleinige Betrachtung der Momentaufnahme der Risikohöhen kann dieses Potential eventuell nicht zur Geltung kommen. Wird beides, binäre und gewichtete Matrix, berücksichtigt, ergibt sich daraus eine allgemeinere Aussage über den Zustand des Systems. Hierfür wird in beiden Untersuchungen ein Ranking der jeweiligen Maße aufgestellt, wobei die höchsten Werte als Vergleichsgrundlage dienen.

Das Endergebnis der Analyse soll Hebel-, Puffer-, Indikator-, und Kritische-Größen aufzeigen, wodurch ein besseres Verständnis der Risikosituation der einzelnen Unternehmen gewonnen wird. Außerdem sollen die Ergebnisse der binären Untersuchung mit den unternehmensspezifischen Ergebnissen im jeweiligen System miteinander verglichen werden. Hierfür werden als grobe Grenzen für die Determinierung eines hohen oder niedrigen Q-Werts 1,25 und für die eines hohen oder niedrigen P-Werts die Hälfte des höchsten P-Werts gewählt. Diese Grenzen sind somit nicht als absolut zu betrachten. Sie lassen sich aber damit begründen, dass sich Elemente in der Nähe der Grenzwerte in einem Grau-Bereich ihres Charakters befinden und diese qualitative Analyse nicht auf Genauigkeit bedacht ist.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analyse der Einflussmatrix und der Vergleich der Ergebnisse vorgestellt. Die kompletten Ergebnisse aus der Einflussmatrix können dem Anhang G und H entnommen werden.

4.3.1. Trinkwasserversorgungssystem

Aktivität und Passivität

Die Aktivität eines Elements leitet sich aus seiner Aktiv-Summe ab. Diese zeigt die direkte Einflussnahme der Elemente am System an, somit gelten Elemente mit einer hohen Aktiv-Summe als Treiber. Die Passivität eines Elements leitet sich aus seiner Passiv-Summe ab. Diese zeigt die Beeinflussbarkeit der Elemente an, somit werden Elemente mit einer hohen Passiv-Summe stark beeinflusst, und Elemente mit einer niedrigen Passiv-Summe gelten als träge und puffernd.

Die Einteilung nach Aktivität und Passivität ermöglicht es einen Überblick über die individuelle Einflussstärke der Elemente zu erlangen. Werden auf der Abszisse die Aktiv-Summen und auf der Ordinate die Passiv-Summen in einem Diagramm aufgetragen, kann die Einteilung der Einflussstärke visualisiert werden.

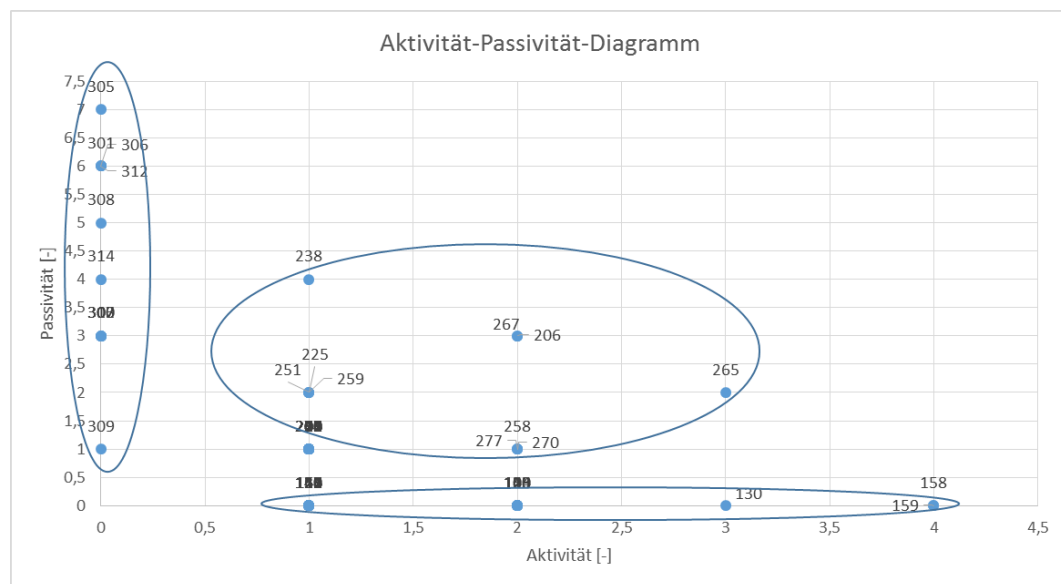


Abbildung 12: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Trinkwasserversorgungssystems

Die Abbildung 12 stellt das Verhältnis zwischen Aktivität und Passivität dar. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente. Es lassen sich drei Gruppen kenntlich machen: Eine Aktiv-, eine Passiv- und eine Mischgruppe.

Ranking nach höchster Aktivität		
Element	Aktivität	Passivität
158	4	0
159	4	0
130	3	0
265	3	2

Tabelle 31: Ranking nach höchster Aktivität im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G)

Die Elemente mit der höchsten Aktivität können der Tabelle 31 entnommen werden.

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage verfügen nur Ursachen und Auswirkungen über eine Aktivität. Eine Aktivität haben deshalb 78 der 90 Elemente und von diesen 78 haben 58 eine Aktivität von Eins. Die Ursachen mit den Nummern 158, 159 und 130 sind am aktivsten im System. Die Auswirkung 265 ist ebenfalls aktiv am System beteiligt.

Ranking nach höchster Passivität		
Element	Aktivität	Passivität
305	0	7
301	0	6
306	0	6
312	0	6
308	0	5
314	0	4
238	1	4
300	0	3
302	0	3
303	0	3
307	0	3
310	0	3
206	2	3
267	2	3

Tabelle 32: Ranking nach höchster Passivität im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G)

Die Elemente mit der höchsten Passivität können der Tabelle 32 entnommen werden.

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele eine Passivität. Dies haben 55 der 90 Elemente und von diesen 55 haben 18 eine Passivität größer als Eins. Die Ziele 305, 301, 306 und 312 sind am passivsten und

werden deshalb am meisten beeinflusst. Passive Auswirkungen sind die Elemente 238, 206 und 267.

P- und Q-Wert

Die Multiplikation der Aktiv- und Passiv-Summe liefert den P-Wert. Dieser ermöglicht eine Aussage über die indirekte Wirkung und Interaktion der Elemente in Bezug auf ihre Kritikalität oder Stabilität. Damit kategorisiert er die Elemente in kritisch oder puffernd. Je höher der P-Wert, desto mehr, und je kleiner, desto weniger ist ein Element am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach höchstem P-Wert		
Element	Q-Wert	P-Wert
265	1,5	6
267	0,67	6
206	0,67	6
238	0,25	4

Tabelle 33: Ranking nach höchstem P-Wert im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G)

Die Elemente mit dem höchsten P-Wert können der Tabelle 33 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben alle Ziele und Ursachen einen P-Wert von Null. Von den 43 Auswirkungen haben zehn einen P-Wert größer als Eins. Die Auswirkungen 265, 267 und 206 sind am meisten am Systemverhalten beteiligt.

Die Division der Aktiv- durch die Passiv-Summe liefert den Q-Wert. Der Q-Wert sagt aus, ob ein Element mehr beeinflusst, als es beeinflusst wird oder umgekehrt. Gleichzeitig kategorisiert der Q-Wert Elemente in aktiv oder reaktiv. Damit spiegelt der Q-Wert den Leitungs- oder Gefolgecharakter eines Elements wider und der P-Wert wiederum die Stärke, mit welcher die jeweilige Rolle ausgeübt wird.

Ranking nach höchstem Q-Wert		
Element	Q-Wert	P-Wert
270	2	2
277	2	2
258	2	2
265	1,5	6

Tabelle 34: Ranking nach höchstem Q-Wert im TWVS (basiert auf Tabelle 75 Anhang G)

Die Elemente mit dem höchsten Q-Wert können der Tabelle 34 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben Ursachen einen Q-Wert von Unendlich und Ziele einen Q-Wert von Null. Von den 43 Auswirkungen weisen vier Elemente einen Wert größer als Eins und sechs einen Wert kleiner als Eins auf. Die Auswirkungen 270, 277 und 258 sind richtungsgebende Elemente.

Werden Q-Wert auf der Abszisse und P-Wert auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente ihrem Charakter nach einteilen. Diese Einteilung erfolgt in einer der vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch, puffernd und eventuelle Zwischenstufen. Für Elemente mit einem Q-Wert von Unendlich und einem P-Wert von Null gilt, dass diese aktiv sind. Somit sind alle Ursachen aktiv und beeinflussen stark das System. Für Elemente mit einem Q-Wert und P-Wert von Null gilt, dass diese passiv sind. Das bedeutet, dass alle Ziele passiv sind und stark beeinflusst werden. Aufgrund der Risikobeziehungen bedeutet das für die Ziele, dass sie allgemein einem hohen Risiko ausgesetzt sind. Die Ursachen und Ziele brauchen jedoch nicht weiter untersucht zu werden, da diese sich nicht weiter kategorisieren lassen. Das Augenmerk richtet sich nun eher auf die Auswirkungen.

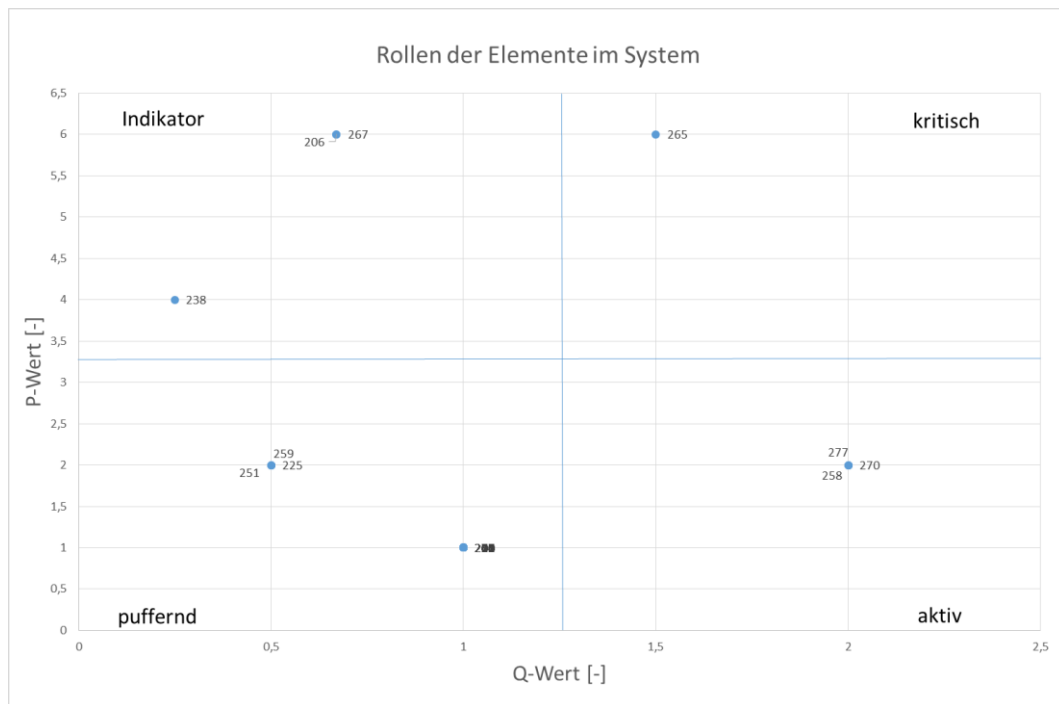


Abbildung 13: Rollenverteilung der Elemente im Trinkwasserversorgungssystem

Mit Hilfe der Abbildung 13 lässt sich die Aufteilung nach der Rolle der Elemente visualisieren. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, dadurch lassen sich vier Gruppen kenntlich machen, die dem Charakter der Elemente entsprechen. Oben links ist der reaktive Bereich. Oben rechts ist der kritische Bereich. Unten rechts ist der aktive Bereich und unten links ist der puffernde Bereich. Je weiter weg sich ein Element vom eingezeichneten Kreuz befindet, desto extremer ist dieses in seiner Rolle. Um den Bereich, in welchem sich die zwei Achsen des eingezeichneten Kreuzes schneiden, befindet sich eine graue Zone. In dieser lassen sich die Elemente nicht mehr eindeutig charakterisieren.

Die Elemente der Aktiv-Gruppe dienen als Hebel für Maßnahmen und zeichnen sich durch einen schwachen „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehören neben den Ursachen die Elemente 258, 270 und 277 an.

Die Elemente der Reaktiv-Gruppe dienen als Indikatoren für Veränderungen und zeichnen sich durch einen starken „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören die Elemente 267, 206 und 238 an.

Die Elemente der kritischen Gruppe sind destabilisierend, sowie wenig vorhersehbar und zeichnen sich durch einen starken „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört das Element 265 an.

Die Elemente der Puffer-Gruppe dienen der Stabilisierung, sowie der Verzögerung des Verhaltens im System und zeichnen sich durch einen schwachen „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören alle anderen Elemente außer den Ursachen an.

Zusammenfassend sind alle Ziele in ihrer Rolle passiv und träge. Das bedeutet, dass sie stark beeinflusst werden und somit den Risikobeziehungen entsprechend stark ausgesetzt sind. Die Elemente 238, 206 und 267 sind reaktiv, damit bilden sie Indikatoren für Veränderungen des Systems. Diese eignen sich als Indikatoren, da sie schneller als andere Elemente reagieren. Aus diesem Grund können diese zur Einschätzung der Veränderung des Systems bei Einleitung von Maßnahmen genutzt werden. Die Ursachen haben einen Q-Wert von Unendlich und sind somit hoch aktiv. An hoch aktiven Elementen sind Veränderungen prinzipiell mit Vorsicht durchzuführen, da diese das System destabilisieren können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können an Ursachen keine Rückkopplungen stattfinden, damit wird die mögliche destabilisierende Wirkung einer Ursache auf das System entschärft. Die Elemente 258, 277 und 270 sind im Gegensatz zu den Ursachen lediglich aktiv und damit bessere Hebel für die Einleitung von Maßnahmen. Zudem sind diese direkt mit den Zielen verknüpft, sodass die Ziele, aufgrund der kurzen Wege, effektiver beeinflusst werden können. Die Elemente 258, 277 und 270 sind der Definition nach Auswirkungen. Grundsätzlich ist die Einleitung von Maßnahmen jedoch nur an Ursachen durchzuführen. Davon unabhängig ist für die hoch aktiven sowie aktiven Elemente die Frage ihrer letztendlichen Wirkung auf das Systemverhalten nicht beantwortet. Eine Untersuchung des Zusammenwirkens der Elemente und der Wirkungskreise ist somit noch erforderlich.

4.3.1.1. Analyse des Unternehmens A

Die Bedeutung der Attribute Aktivität, Passivität, Q-Wert und P-Wert sind in Abschnitt 4.3.1 erklärt, deshalb wird in diesem Abschnitt nicht nochmal darauf eingegangen.

Aktivität und Passivität

Die Einteilung nach Aktivität und Passivität ermöglicht es einen Überblick über die Einflussstärke der Elemente zu erlangen.

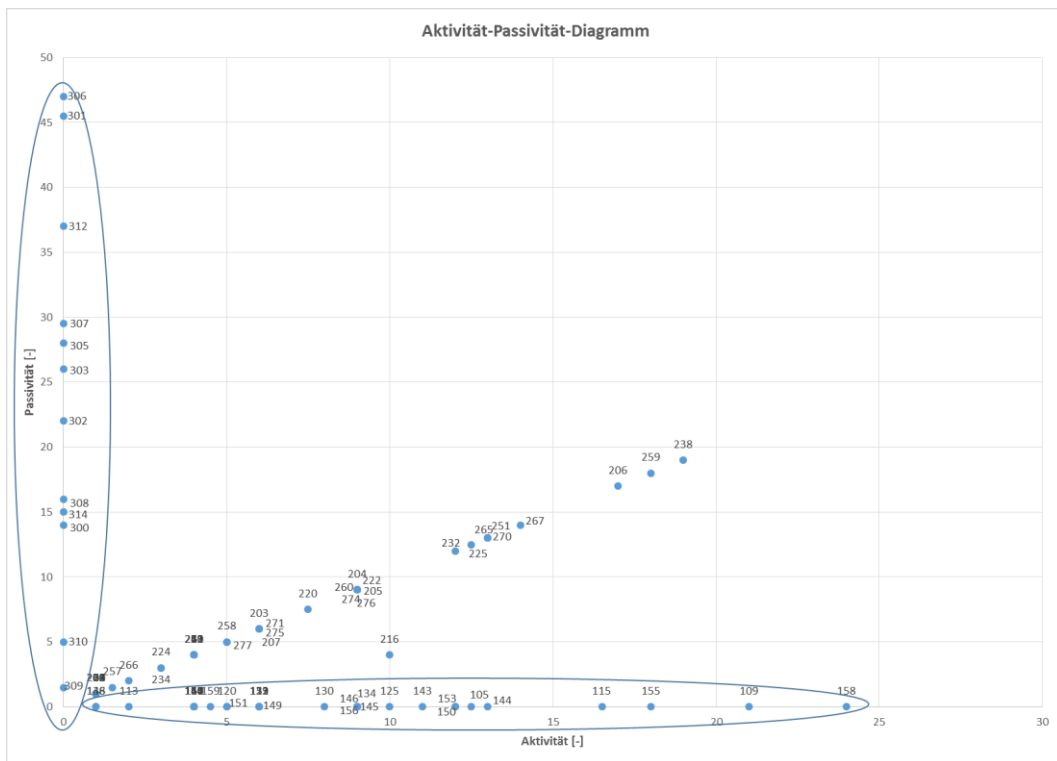


Abbildung 14: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens A im Trinkwasserversorgungssystem

Die Abbildung 14 stellt das Verhältnis zwischen Aktivität und Passivität dar. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente. Es lassen sich drei Gruppen kenntlich machen: Eine Aktiv-, eine Passiv- und eine Mischgruppe.

Ranking nach höchster Aktivität (A)		
Element	Aktivität	Passivität
158	24	0
109	21	0
238	19	19
259	18	18
155	18	0
206	17	17

115	16,5	0
267	14	14
251	13	13
144	13	0
270	13	13
265	13	13

Tabelle 35: Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G)

Die Elemente mit der höchsten Aktivität können der Tabelle 35 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage verfügen nur Ursachen und Auswirkungen über eine Aktivität. Die Ursachen mit den Nummern 158, 109 und 155 sind am aktivsten am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach höchster Passivität (A)		
Element	Aktivität	Passivität
306	0	47
301	0	45,5
312	0	37
307	0	29,5
305	0	28
303	0	26
302	0	22
238	19	19
259	18	18
206	17	17

Tabelle 36: Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G)

Die Elemente mit der höchsten Passivität können der Tabelle 36 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele eine Passivität. Die Ziele 306, 301 und 312 sind am passivsten und werden deshalb am meisten beeinflusst.

P- und Q-Wert

Der P-Wert kategorisiert die Elemente in kritisch oder puffernd.

Ranking nach höchstem P-Wert (A)		
Element	Q-Wert	P-Wert
238	1	361
259	1	324
206	1	289
267	1	196
251	1	169
270	1	169
265	1	169
225	1	156,25
232	1	144

Tabelle 37: Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G)

Die Elemente mit dem höchsten P-Wert können der Tabelle 37 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben alle Ziele und Ursachen einen P-Wert von Null. Die Auswirkungen 238, 259 und 206 sind am meisten am Systemverhalten beteiligt.

Der Q-Wert kategorisiert die Elemente in aktiv oder reaktiv.

Ranking nach höchstem Q-Wert (A)		
Element	Q-Wert	P-Wert
216	2,5	40
238	1	361
259	1	324
206	1	289
267	1	196

Tabelle 38: Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen A (basiert auf Tabelle 76 Anhang G)

Die Elemente mit dem höchsten Q-Wert können der Tabelle 38 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage weisen Ursachen einen Q-Wert von Unendlich und die Ziele einen Q-Wert von Null auf. Die Auswirkung 216

ist die einzige mit einem Q-Wert größer als Eins und damit ein richtungsgebendes Element.

Werden Q-Wert auf der Abszisse und P-Wert auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente ihrem Charakter nach einteilen. Diese Einteilung erfolgt in einer der vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch, puffernd und eventuelle Zwischenstufen.

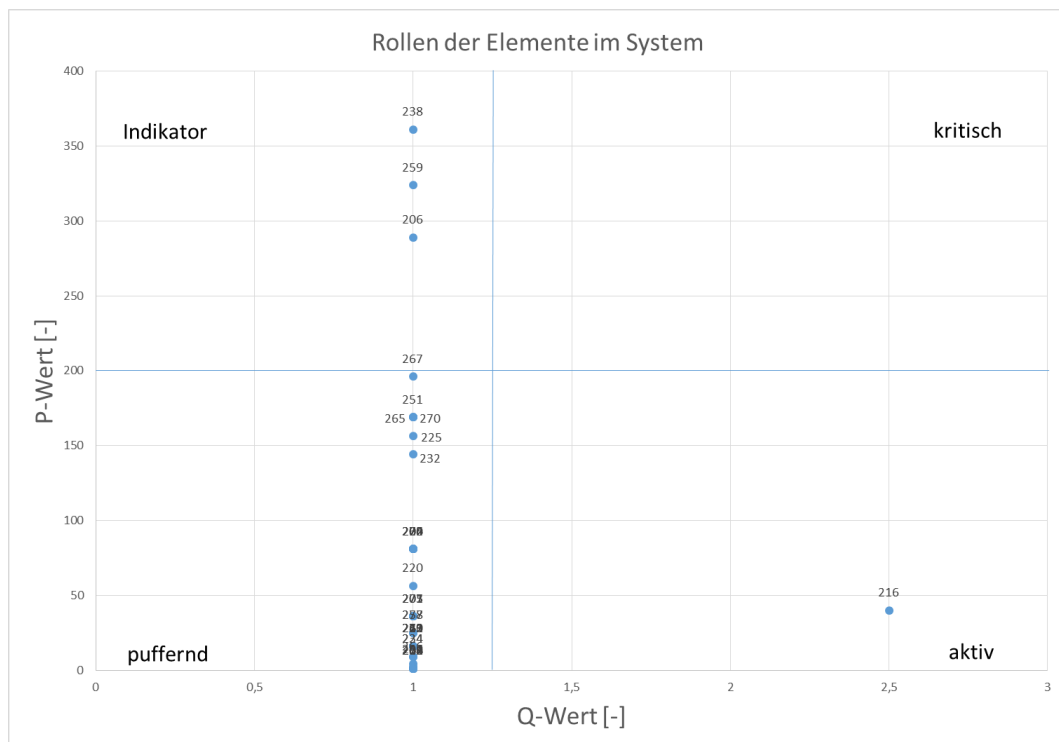


Abbildung 15: Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen A im Trinkwasserversorgungssystem

Mit Hilfe der Abbildung 15 lässt sich die Aufteilung nach der Rolle der Elemente visualisieren. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Oben links ist der reaktive Bereich. Oben rechts ist der kritische Bereich. Unten rechts ist der aktive Bereich, und unten links ist der puffernde Bereich. Je weiter entfernt sich ein Element vom eingezeichneten Kreuz befindet, desto extremer ist dieses in seiner Rolle. Um den Bereich, in welchem sich die zwei Achsen des eingezeichneten Kreuzes schneiden, befindet sich eine graue Zone. In dieser lassen sich die Elemente nicht mehr eindeutig charakterisieren.

Die Elemente der Aktiv-Gruppe dienen als Hebel für Maßnahmen und zeichnen sich durch einen schwachen „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört neben den Ursachen das Element 216 an.

Die Elemente der Reaktiv-Gruppe dienen als Indikatoren für Veränderungen und zeichnen sich durch einen starken „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören die Elemente 238, 259 und 206 an.

Die Elemente der kritischen Gruppe sind destabilisierend, sowie wenig vorhersehbar und zeichnen sich durch einen starken „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört kein Element an.

Die Elemente der Puffer-Gruppe dienen der Stabilisierung, sowie der Verzögerung des Verhaltens im System und zeichnen sich durch einen schwachen „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören alle anderen Elemente außer den Ursachen an.

Zusammenfassend sind alle Ziele in ihrer Rolle passiv und träge, damit werden sie stark beeinflusst und sind den Risikobeziehungen entsprechend stark ausgesetzt. Die Elemente 238, 259 und 206 sind reaktiv, damit bilden sie Indikatoren für Veränderungen des Systems. Sie sind hierfür geeignet, da sie schneller als andere Elemente reagieren, und können deshalb zur Einschätzung der Veränderung des Systems bei Einleitung von Maßnahmen genutzt werden. Die Ursachen haben einen Q-Wert von Unendlich und sind somit hoch aktiv. An hoch aktiven Elementen sind Veränderungen prinzipiell mit Vorsicht durchzuführen, da diese das System destabilisieren können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können an Ursachen keine Rückkopplungen stattfinden, damit wird die mögliche destabilisierende Wirkung einer Ursache auf das System entschärft. Das Element 216 ist im Gegensatz zu den Ursachen lediglich aktiv und damit ist es ein besserer Hebel für die Einleitung von Maßnahmen. Zudem ist dieses direkt mit den Zielen verknüpft, sodass die Ziele, aufgrund der kurzen Wege, effektiv beeinflusst werden können. Das Element 216 ist allerdings der Definition nach eine Auswirkung. Grundsätzlich ist die Einleitung von Maßnahmen jedoch nur an Ursachen durchzuführen. Davon unabhängig ist für die hoch aktiven sowie aktiven Elemente die Frage ihrer letztendlichen Wirkung auf das Systemverhalten nicht beantwortet.

4.3.1.2. Analyse des Unternehmens B

Die Bedeutung der Attribute Aktivität, Passivität, Q-Wert und P-Wert sind in Abschnitt 4.3.1 erklärt, deshalb wird in diesem Abschnitt nicht nochmal darauf eingegangen.

Aktivität und Passivität

Die Einteilung nach Aktivität und Passivität ermöglicht es einen Überblick über die Einflussstärke der Elemente zu erlangen.

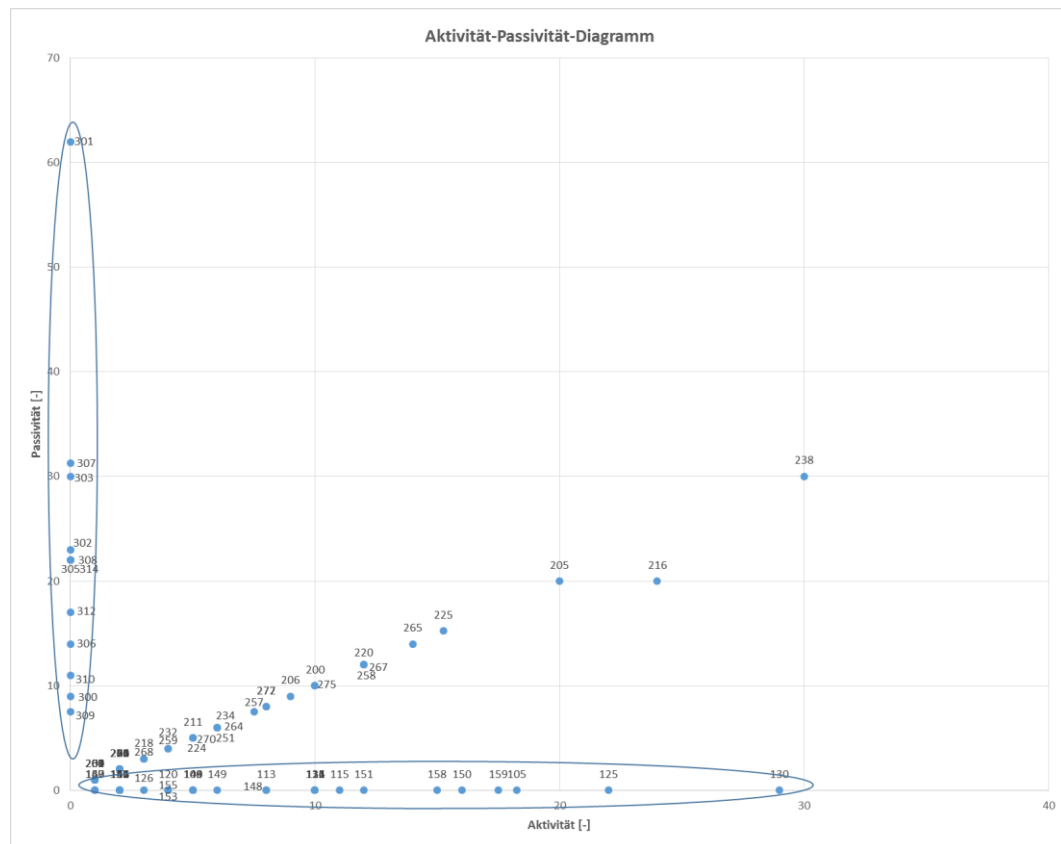


Abbildung 16: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens B im Trinkwasserversorgungssystem

Die Abbildung 16 stellt das Verhältnis zwischen Aktivität und Passivität dar. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, wodurch drei Gruppen sichtbar werden: Eine Aktiv-, eine Passiv- und eine Mischgruppe.

Ranking nach höchster Aktivität (B)		
Element	Aktivität	Passivität
238	30	30
130	29	0
216	24	20
125	22	0
205	20	20
105	18,25	0
159	17,5	0
150	16	0
225	15,25	15,25
158	15	0
265	14	14

Tabelle 39: Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G)

Die Elemente mit der höchsten Aktivität können der Tabelle 39 entnommen werden.

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage verfügen nur Ursachen und Auswirkungen über eine Aktivität. Die Ursachen mit den Nummern 130, 125 und 105 sind am aktivsten am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach höchster Passivität (B)		
Element	Aktivität	Passivität
301	0	62
307	0	31,25
238	30	30
303	0	30
302	0	23
308	0	22
305	0	22
314	0	22
216	24	20
205	20	20

Tabelle 40: Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G)

Die Elemente mit der höchsten Passivität können der Tabelle 40 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele eine Passivität. Die Ziele 301, 307 und 303 sind am passivsten und werden deshalb am meisten beeinflusst.

P- und Q-Wert

Der P-Wert kategorisiert die Elemente in kritisch oder puffernd.

Ranking nach höchstem P-Wert (B)		
Element	Q-Wert	P-Wert
238	1	900
216	1,2	480
205	1	400
225	1	232,56
265	1	196
220	1	144
267	1	144
258	1	144

Tabelle 41: Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G)

Die Elemente mit dem höchsten P-Wert können der Tabelle 41 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben alle Ziele und Ursachen einen P-Wert von Null. Die Auswirkungen 238, 216 und 205 sind am meisten am Systemverhalten beteiligt.

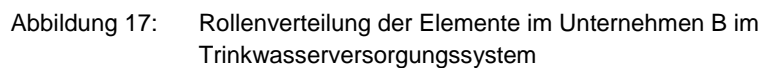
Der Q-Wert kategorisiert die Elemente in aktiv oder reaktiv.

Ranking nach höchstem Q-Wert (B)		
Element	Q-Wert	P-Wert
216	1,2	480
238	1	900
205	1	400
225	1	232,56
265	1	196

Tabelle 42: Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen B (basiert auf Tabelle 77 Anhang G)

Die Elemente mit dem höchsten Q-Wert können der Tabelle 42 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage weisen Ursachen einen Q-Wert von Unendlich, und die Ziele einen Q-Wert von Null auf. Die Auswirkung

Werden Q-Wert auf der Abszisse und P-Wert auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente ihrem Charakter nach einteilen. Diese Einteilung erfolgt in einer der vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch, puffernd und eventuelle Zwischenstufen.



Anwendung

ist der puffernde Bereich. Je weiter weg sich ein Element vom eingezeichneten Kreuz befindet, desto extremer ist dieses in seiner Rolle.

Die Elemente der Aktiv-Gruppe dienen als Hebel für Maßnahmen und zeichnen sich durch einen schwachen „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehören die Ursachen an.

Die Elemente der Reaktiv-Gruppe dienen als Indikatoren für Veränderungen und zeichnen sich durch einen starken „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehört das Element 238 an.

Die Elemente der kritischen Gruppe sind destabilisierend, sowie wenig vorhersehbar und zeichnen sich durch einen starken „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört kein Element an.

Die Elemente der Puffer-Gruppe dienen der Stabilisierung, sowie der Verzögerung des Verhaltens im System und zeichnen sich durch einen schwachen „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören alle anderen Elemente außer den Ursachen an.

Zusammenfassend sind alle Ziele in ihrer Rolle passiv und träge, damit werden sie stark beeinflusst und sind den Risikobeziehungen entsprechend stark ausgesetzt. Das Element 238 ist reaktiv, damit bildet es ein Indikator für Veränderungen des Systems. Es ist deshalb geeignet, da es schneller als andere Elemente reagiert, und kann deshalb zur Einschätzung der Veränderung des Systems bei Einleitung von Maßnahmen genutzt werden. Die Ursachen haben einen Q-Wert von Unendlich und sind somit hoch aktiv. An hoch aktiven Elementen sind Veränderungen prinzipiell mit Vorsicht durchzuführen, da diese das System destabilisieren können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können an Ursachen keine Rückkopplungen stattfinden, damit wird die mögliche destabilisierende Wirkung einer Ursache auf das System entschärft. Davon unabhängig ist für die hoch aktiven sowie aktiven Elemente die Frage ihrer letztendlichen Wirkung auf das Systemverhalten nicht beantwortet.

4.3.1.3 Gegenüberstellung der Ergebnisse der Analyse

Aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der Risikobeziehungen durch die Unternehmen differieren am Ende deren Ergebnisse. Die Unternehmen hatten allerdings bei der Risikobewertung dieselben Beurteilungsmaßstäbe, deshalb

können die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Darüber hinaus sollen deren Ergebnisse mit denen des binären Systems verglichen werden. Daran soll die Stabilität der Methode und deren Kernthese der inhärenten Eigenschaften der Elemente überprüft werden.

Gemeinsam ist der allgemeinen sowie der unternehmensspezifischen Untersuchung, dass die Ziele einen hoch passiven Charakter haben. Die Ziele werden dadurch stark von den Risiken beeinflusst. Darüber hinaus sind die Ursachen im System hoch aktiv. Hervorzuheben ist zudem, dass das Element 238 bei beiden Analysen einen Indikator für Veränderungen darstellt, und dass etwa die Hälfte aller Elemente einen puffernden Charakter hat. Das System scheint somit insgesamt Veränderungen gegenüber träge zu sein. Im betrachteten Fall ist jedoch eine Veränderung in Richtung der Risikominimierung erwünscht, sodass gezielt Angriffspunkte gewählt werden müssen, um das träge System zu lenken. Als allgemeine Hebelgrößen gelten die Ursachen. Aufgrund ihres hoch aktiven Charakters ist zu untersuchen, inwiefern sich Veränderungen an ihnen auf das System auswirken. Durch Einflüsse an den Hebelgrößen soll das System nach einer Veränderung wieder eine neue stabile Lage finden können. Aus diesem Grund sind im Allgemeinen und ohne Kenntnisse über das Verhalten des Zusammenwirkens der Elemente aktive Elemente als Hebelgrößen geeigneter als hoch aktive. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können Ursachen keine Rückkopplungen bilden, ihr Wirken im System ist dadurch entschärft, aber nicht komplett determiniert. Das allgemeine System, sowie das System von Unternehmen A weisen Hebelgrößen auf, die die Ziele zusätzlich über ihre direkte Verknüpfung beeinflussen können. Diese Hebel stellen allerdings Auswirkungen dar, während nach der Definition der Datengrundlage Maßnahmen prinzipiell an Ursachen erfolgen sollen. Aus diesem Grund können Auswirkungen nicht primär als Hebelgrößen herangezogen werden. Eine weitere Untersuchung des Wirkens im System der aktiven Elemente ist deshalb notwendig.

Allein das allgemeine System hat eine kritische Größe, damit sind die Systeme der Unternehmen A und B in einer besseren Risikolage.

Insgesamt sind die Ergebnisse des binären Systems und der unternehmensspezifischen Systeme wenig vergleichbar.

4.3.2. Abwasserbeseitigungssystem

Aktivität und Passivität

Die Aktivität eines Elements leitet sich aus seiner Aktiv-Summe ab. Diese zeigt die direkte Einflussnahme der Elemente am System an, somit gelten Elemente mit einer hohen Aktiv-Summe als Treiber. Die Passivität eines Elements leitet sich aus seiner Passiv-Summe ab. Diese zeigt die Beeinflussbarkeit der Elemente an, somit werden Elemente mit einer hohen Passiv-Summe stark beeinflusst, und Elemente mit einer niedrigen Passiv-Summe gelten als träge und puffernd.

Diese Einteilung nach Aktivität und Passivität ermöglicht einen Überblick über die Einflussstärke der Elemente. Werden auf der Abszisse die Aktiv-Summen, und auf der Ordinate die Passiv-Summen in einem Diagramm aufgetragen, kann die Einteilung der Einflussstärke visualisiert werden.

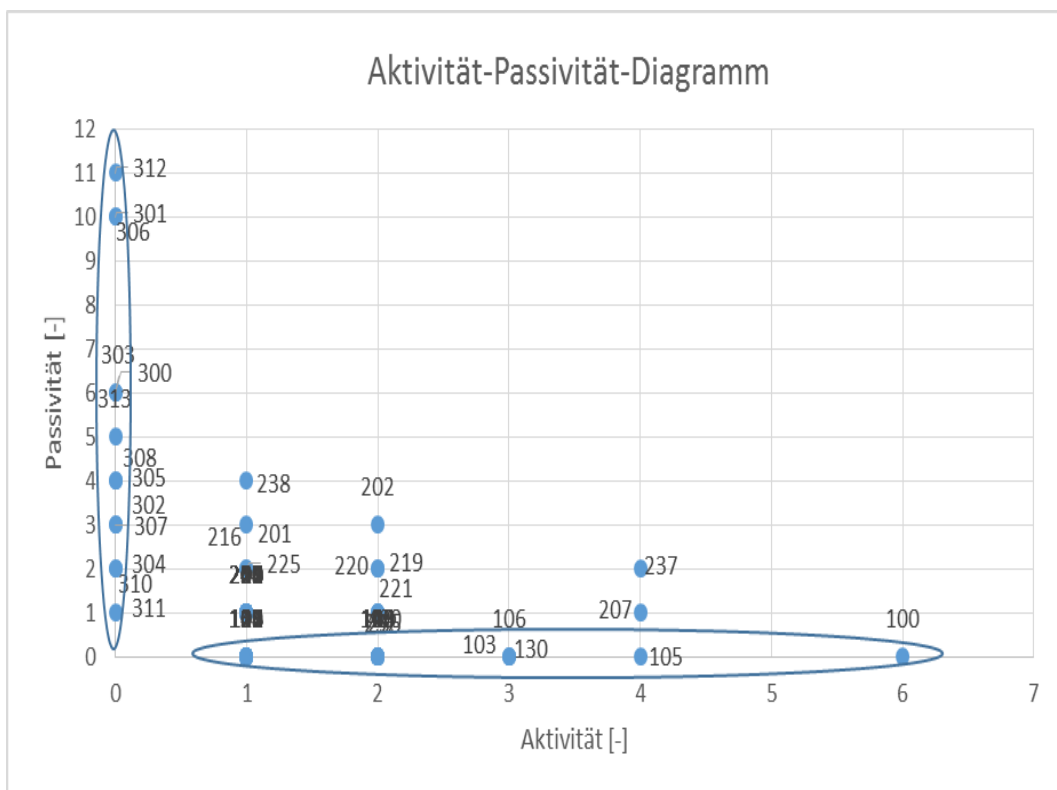


Abbildung 18: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Abwasserbeseitigungssystems

Die Abbildung 18 stellt das Verhältnis zwischen Aktivität und Passivität dar. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt

dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, wodurch drei Gruppen sichtbar werden: Eine Aktiv-, eine Passiv- und eine Mischgruppe.

Ranking nach höchster Aktivität		
Element	Aktivität	Passivität
100	6	0
105	4	0
207	4	1
237	4	2
103	3	0
106	3	0
130	3	0

Tabelle 43: Ranking nach höchster Aktivität im AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Aktivität können der Tabelle 43 entnommen werden.

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage verfügen nur Ursachen und Auswirkungen über eine Aktivität. Diese Aktivität ist bei 97 der 110 Elemente vorhanden, und von diesen 97 haben 24 eine Aktivität von Eins. Die Ursachen mit den Nummern 100, 105, 103, 106 und 130 sind am aktivsten am Systemverhalten beteiligt. Die Auswirkungen 207 und 237 sind ebenfalls aktiv am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach höchster Passivität		
Element	Aktivität	Passivität
312	0	11
301	0	10
306	0	10
300	0	6
303	0	6
313	0	5
238	1	4
308	0	4
305	0	4

Tabelle 44: Ranking nach höchster Passivität AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Passivität können der Tabelle 44 entnommen werden.

Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele eine Passivität. Passivität weisen 68 der 110 Elemente auf, und von diesen 68 haben 20 eine Passivität größer als Eins. Die Ziele 312, 301 und 312 sind am passivsten und werden deshalb am meisten beeinflusst. Die Auswirkung 238 ist ebenfalls passiv.

P- und Q-Wert

Die Multiplikation der Aktiv- und Passiv-Summe liefert den P-Wert. Dieser ermöglicht eine Aussage über die indirekte Wirkung und Interaktion der Elemente in Bezug auf ihre Kritikalität oder Stabilität. Damit kategorisiert er die Elemente in kritisch oder puffernd. Je höher der P-Wert, desto mehr, und je kleiner der P-Wert, desto weniger ist ein Element am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach höchstem P-Wert		
Element	Q-Wert	P-Wert
237	2	8
202	0,67	6
207	4	4
219	1	4
220	1	4
238	0,25	4

Tabelle 45: Ranking nach höchstem P-Wert AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten P-Wert können der Tabelle 45 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben alle Ziele und Ursachen einen P-Wert von Null. Von den 55 Auswirkungen haben 13 einen P-Wert größer als Eins. Die Auswirkungen 237 und 202 sind am stärksten am Systemverhalten beteiligt.

Die Division der Aktiv- durch die Passiv-Summe liefert den Q-Wert. Der Q-Wert sagt aus, ob ein Element mehr beeinflusst, als es beeinflusst wird oder umgekehrt. Gleichzeitig kategorisiert der Q-Wert Elemente in aktiv oder reaktiv. Damit spiegelt

der Q-Wert den Leitungs- oder Folgecharakter eines Elements wider, der P-Wert wiederum die Stärke, mit welcher die jeweilige Rolle ausgeübt wird.

Ranking nach höchstem Q-Wert		
Element	Q-Wert	P-Wert
207	4	4
237	2	8
400	2	2
232	2	2
221	2	2
255	2	2

Tabelle 46: Ranking nach höchstem Q-Wert AWBS (basiert auf Tabelle 78 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten Q-Wert können der Tabelle 46 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben Ursachen einen Q-Wert von Unendlich und die Ziele einen Q-Wert von Null. Von den 55 Auswirkungen weisen sechs einen Wert größer, und fünf einen Wert kleiner als Eins auf. Die Auswirkungen 207, 237, 400, 232, 221 und 255 sind also richtungsgebende Elemente.

Werden Q-Wert auf der Abszisse und P-Wert auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente ihrem Charakter nach einteilen. Diese Einteilung erfolgt in einer der vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch puffernd, und eventuelle Zwischenstufen. Für Elemente mit einem Q-Wert von Unendlich und einem P-Wert von Null gilt, dass diese aktiv sind. Somit sind alle Ursachen aktiv und beeinflussen das System stark. Für Elemente mit einem Q-Wert und P-Wert von Null gilt, dass diese passiv sind. Somit sind alle Ziele passiv und werden stark beeinflusst. Aufgrund der Risikobeziehungen bedeutet das für die Ziele, dass sie allgemein einem hohen Risiko ausgesetzt sind. Die Ursachen und Ziele brauchen somit nicht weiter untersucht zu werden, da ihr Fall eindeutig ist. Das Augenmerk richtet sich nun eher auf die Auswirkungen.

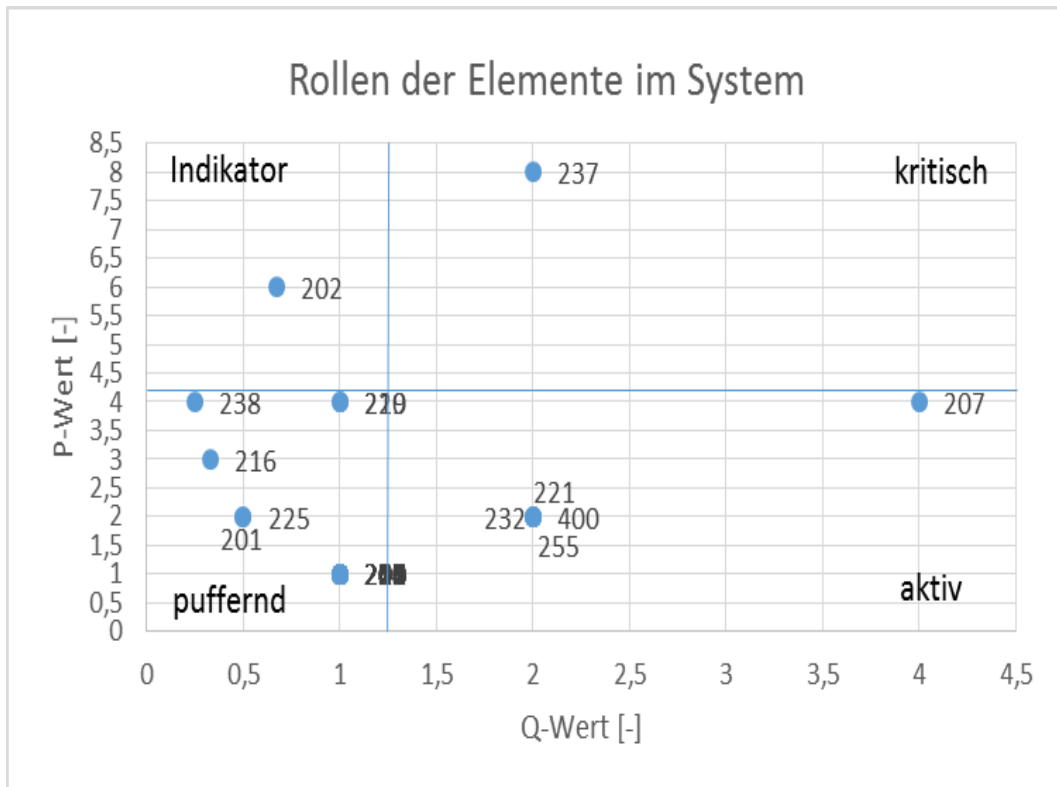


Abbildung 19: Rollenverteilung der Elemente im Abwasserbeseitigungssystem

Mit Hilfe der Abbildung 19 lässt sich eine Aufteilung nach der Rolle der Elemente visualisieren. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, dadurch lassen sich vier Gruppen kenntlich machen, die dem Charakter der Elemente entsprechen. Oben links ist der reaktive Bereich. Oben rechts ist der kritische Bereich. Unten rechts ist der aktive Bereich, und unten links ist der puffernde Bereich. Je weiter entfernt sich ein Element vom eingezeichneten Kreuz befindet, desto extremer ist dieses in seiner Rolle. Um den Bereich, in welchem sich die zwei Achsen des eingezeichneten Kreuzes schneiden, befindet sich eine graue Zone. In dieser lassen sich die Elemente nicht mehr eindeutig charakterisieren.

Die Elemente der Aktiv-Gruppe dienen als Hebel für Maßnahmen und zeichnen sich durch einen schwachen „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehören neben den Ursachen die Elemente 207, 232, 400, 221 und 255 an.

Die Elemente der Reaktiv-Gruppe dienen als Indikatoren für Veränderungen und zeichnen sich durch einen starken „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehört das Element 202 an.

Die Elemente der kritischen Gruppe sind destabilisierend, sowie wenig vorhersehbar und zeichnen sich durch einen starken „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört das Element 237 an.

Die Elemente der Puffer-Gruppe dienen der Stabilisierung, sowie der Verzögerung des Verhaltens im System und zeichnen sich durch einen schwachen „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören alle anderen Elemente außer den Ursachen an.

Zusammenfassend sind alle Ziele in ihrer Rolle passiv und träge, damit werden sie stark beeinflusst und sind den Risikobeziehungen entsprechend stark ausgesetzt. Das Element 202 ist reaktiv, damit bildet es ein Indikator für Veränderungen des Systems. Dieses eignet sich als Indikator, da es schneller als andere Elemente reagiert, und deshalb zur Einschätzung der Veränderung des Systems bei Einleitung von Maßnahmen genutzt werden kann. Die Ursachen haben einen Q-Wert von Unendlich und sind somit hoch aktiv. An hoch aktiven Elementen sind Veränderungen prinzipiell mit Vorsicht durchzuführen, da diese das System destabilisieren können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können an Ursachen keine Rückkopplungen stattfinden, damit wird die mögliche Wirkung einer Ursache auf das System entschärft. Die Elemente 207, 232, 400, 221 und 255 sind im Gegensatz zu den Ursachen lediglich aktiv und damit bessere Hebel für die Einleitung von Maßnahmen. Zudem sind sie direkt mit den Zielen verknüpft, sodass die Ziele, aufgrund der kurzen Wege, effektiv beeinflusst werden können. Die Elemente 207, 232, 221 und 255 sind nach der Definition der Daten Auswirkungen. Grundsätzlich ist jedoch nur an Ursachen die Einleitung von Maßnahmen durchzuführen. Das Element 400 ist als Ursache und Auswirkung definiert, sodass an diesem Rückkopplungen möglich sind. Aus diesem Grund ist ein Eingreifen an diesem Element und seine Wirkung auf das System zu prüfen. Davon unabhängig ist für die hoch aktiven sowie aktiven Elemente die Frage ihrer Wirkung auf das Systemverhalten nicht beantwortet. Eine Untersuchung des Zusammenwirkens der Elemente und der Wirkungskreise ist somit noch erforderlich.

4.3.2.1. Analyse des Unternehmens C

Die Bedeutung der Attribute Aktivität, Passivität, Q-Wert und P-Wert sind in Abschnitt 4.3.2 erklärt, deshalb wird in diesem Abschnitt nicht nochmal darauf eingegangen.

Aktivität und Passivität

Die Einteilung nach Aktivität und Passivität ermöglicht es einen Überblick über die Einflussstärke der Elemente zu erlangen.

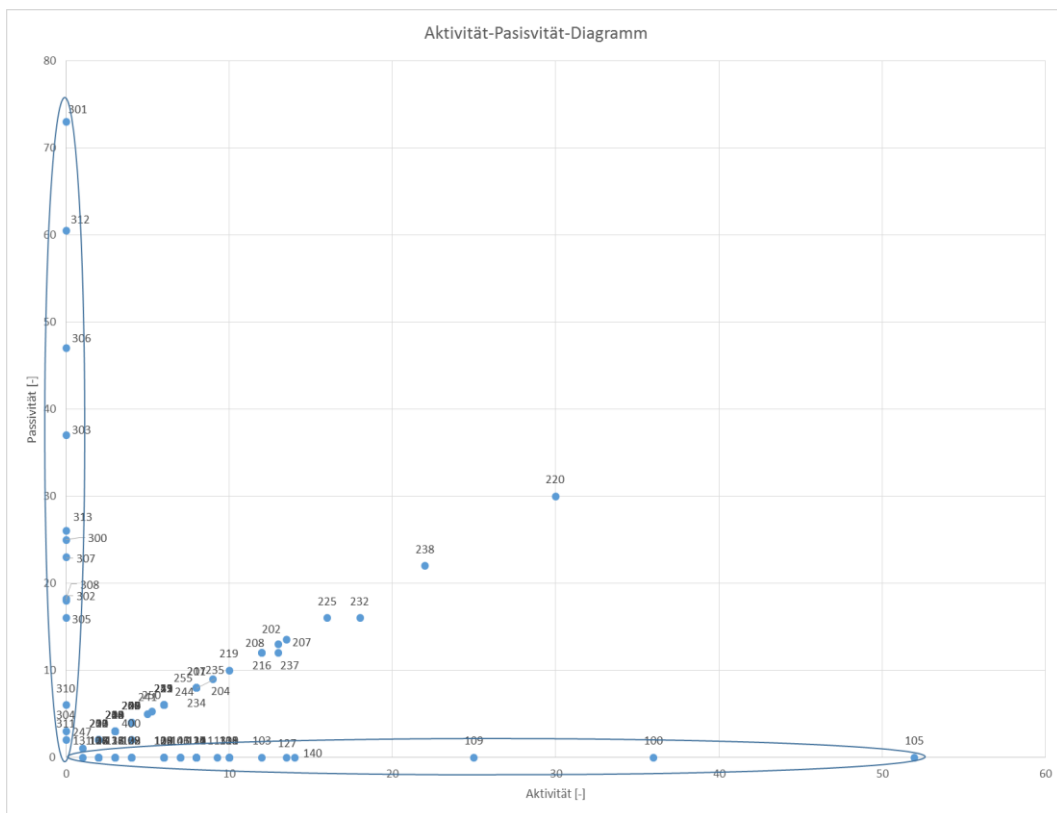


Abbildung 20: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens C im Abwasserbeseitigungssystem

Die Abbildung 20 stellt das Verhältnis zwischen Aktivität und Passivität dar. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, wodurch sich drei Gruppen kenntlich machen lassen: Eine Aktiv-, eine Passiv- und eine Mischgruppe.

Ranking nach der höchsten Aktivität (C)		
Element	Aktivität	Passivität
105	52	0
100	36	0
220	30	30
109	25	0
238	22	22
232	18	16
225	16	16
140	14	0
127	13,5	0
207	13,5	13,5

Tabelle 47: Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Aktivität können der Tabelle 47 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage verfügen jedoch nur Ursachen und Auswirkungen über eine Aktivität. Die Ursachen mit den Nummern 105, 100 und 109 sind am aktivsten am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach der höchsten Passivität (C)		
Element	Aktivität	Passivität
301	0	73
312	0	60,5
306	0	47
303	0	37
220	30	30
313	0	26
300	0	25
307	0	23
238	22	22

Tabelle 48: Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Passivität können der Tabelle 48 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen und Ziele eine Passivität. Die Ziele 301, 312 und 306 sind am passivsten und werden deshalb am meisten beeinflusst.

P- und Q-Wert

Der P-Wert kategorisiert die Elemente in kritisch oder puffernd.

Ranking nach dem höchsten P-Wert (C)		
Element	Q-Wert	P-Wert
220	1	900
238	1	484
232	1,13	288
225	1	256
207	1	182,25
202	1	169
237	1,08	156
208	1	144
216	1	144
219	1	100

Tabelle 49: Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten P-Wert können der Tabelle 49 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben alle Ziele und Ursachen einen P-Wert von Null. Die Auswirkungen 220, 238, 232 und 225 sind am meisten am Systemverhalten beteiligt.

Der Q-Wert kategorisiert die Elemente in aktiv oder reaktiv.

Ranking nach dem höchsten Q-Wert (C)		
Element	Q-Wert	P-Wert
400	2	8
232	1,13	288
237	1,08	156
220	1	900
238	1	484

Tabelle 50: Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen C (basiert auf Tabelle 79 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten Q-Wert können der Tabelle 50 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage weisen Ursachen einen Q-Wert von Unendlich und Ziele einen Q-Wert von Null auf. Die Auswirkung und

Ursache 400 hat einen Q-Wert größer als Eins und ist damit ein richtungsgebendes Element. Die Auswirkungen 232 und 237 liegen zu nah an der Eins, damit sind diese sehr schwach richtungsgebend.

Werden Q-Wert auf der Abszisse und P-Wert auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente ihrem Charakter nach einteilen. Diese Einteilung erfolgt in einer der vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch, puffernd und eventuelle Zwischenstufen.

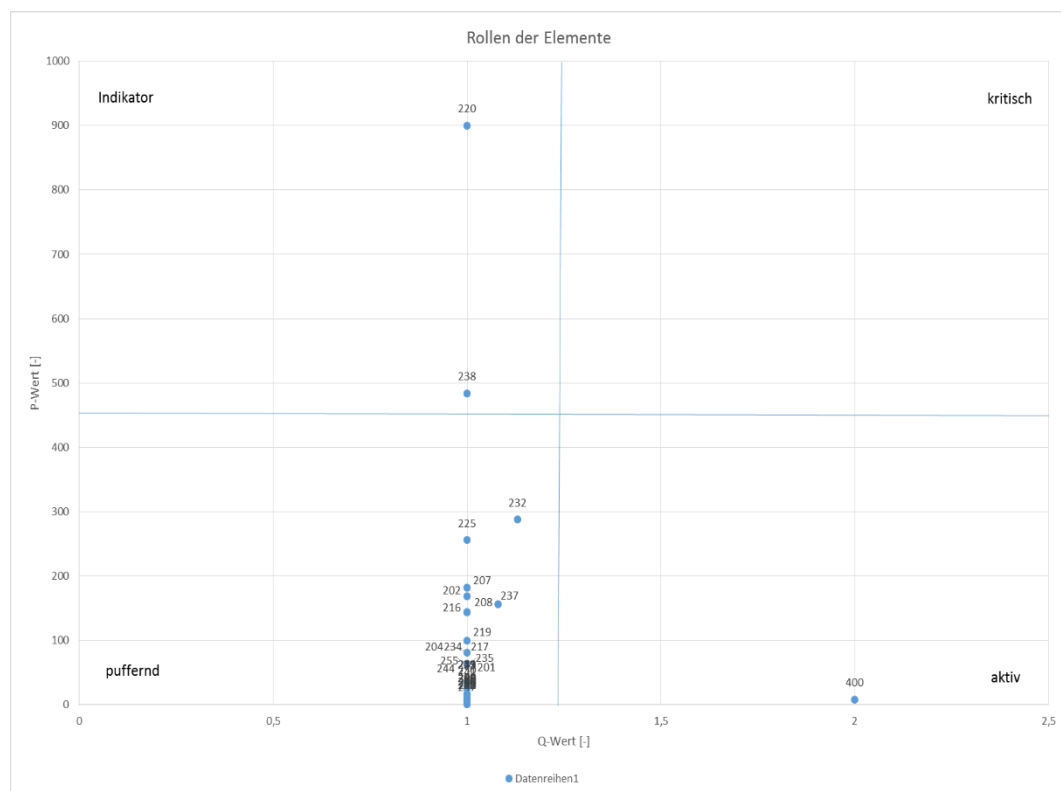


Abbildung 21: Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen C im Abwasserbeseitigungssystem

Mit Hilfe der Abbildung 21 lässt sich die Aufteilung nach der Rolle der Elemente visualisieren. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, dadurch lassen sich vier Gruppen kenntlich machen, die dem Charakter der Elemente entsprechen. Oben links ist der reaktive Bereich. Oben rechts ist der kritische Bereich. Unten rechts ist der aktive Bereich, und unten links ist der puffernde Bereich. Je weiter entfernt sich ein Element vom eingezeichneten

Kreuz befindet, desto extremer ist dieses in seiner Rolle. Um den Bereich, in welchem sich die zwei Achsen des eingezeichneten Kreuzes schneiden, befindet sich eine graue Zone. In dieser lassen sich die Elemente nicht mehr eindeutig charakterisieren.

Die Elemente der Aktiv-Gruppe dienen als Hebel für Maßnahmen und zeichnen sich durch einen schwachen „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört neben den Ursachen das Element 400 an.

Die Elemente der Reaktiv-Gruppe dienen als Indikatoren für Veränderungen und zeichnen sich durch einen starken „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören die Elemente 220 und 238 an.

Die Elemente der kritischen Gruppe sind destabilisierend, sowie wenig vorhersehbar und zeichnen sich durch einen starken „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört kein Element an.

Die Elemente der Puffer-Gruppe dienen der Stabilisierung, sowie der Verzögerung des Verhaltens im System und zeichnen sich durch einen schwachen „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören alle anderen Elemente außer den Ursachen an.

Zusammenfassend sind alle Ziele in ihrer Rolle passiv und träge, damit werden sie stark beeinflusst und sind den Risikobeziehungen entsprechend stark ausgesetzt. Die Elemente 220 und 238 sind reaktiv, damit bilden sie Indikatoren für Veränderungen des Systems. Sie sind hierfür geeignet, da sie schneller als andere Elemente reagieren, und können deshalb zur Einschätzung der Veränderung des Systems bei Einleitung von Maßnahmen genutzt werden. Die Ursachen haben einen Q-Wert von Unendlich und sind somit hoch aktiv. An hoch aktiven Elementen sind Veränderungen prinzipiell mit Vorsicht durchzuführen, da diese das System destabilisieren können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können an Ursachen keine Rückkopplungen stattfinden, damit wird die mögliche destabilisierende Wirkung einer Ursache auf das System entschärft.

Das Element 400 ist im Gegensatz zu den Ursachen lediglich aktiv und damit ist es ein besserer Hebel für die Einleitung von Maßnahmen. Zudem ist dieses direkt mit einem Ziel verknüpft, sodass dieses Ziel, aufgrund des kurzen Wegs, effektiver beeinflusst werden kann. Das Element 400 ist allerdings als Ursache und Auswirkung definiert, sodass Rückkopplungen möglich sind. Aus diesem Grund ist

ein Eingreifen an dieses Element und seine Wirkung auf das System zu prüfen. Davon unabhängig ist für die hoch aktiven sowie aktiven Elemente die Frage ihrer Wirkung auf das Systemverhalten nicht beantwortet.

4.3.2.2. Analyse des Unternehmens D

Die Bedeutung der Attribute Aktivität, Passivität, Q-Wert und P-Wert sind in Abschnitt 4.3.2 erklärt, deshalb wird in diesem Abschnitt nicht nochmal darauf eingegangen.

Aktivität und Passivität

Die Einteilung nach Aktivität und Passivität ermöglicht es einen Überblick über die Einflussstärke der Elemente zu erlangen.

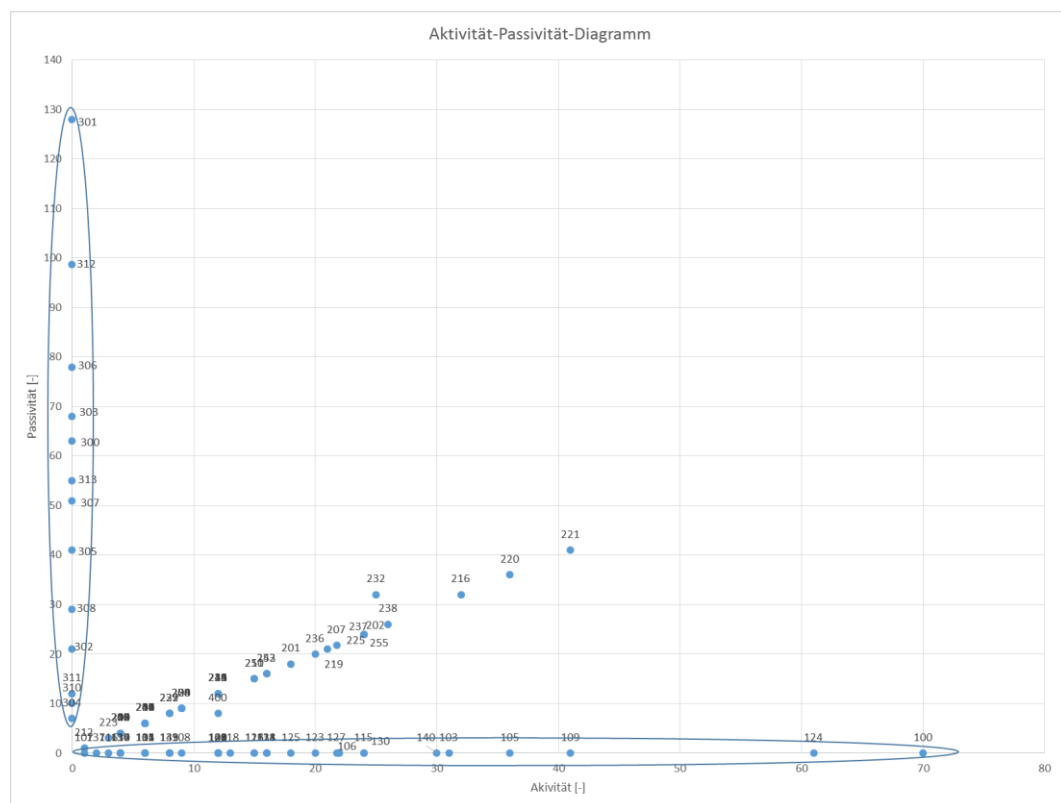


Abbildung 22: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens D im Abwasserbeseitigungssystem

Die Abbildung 22 stellt das Verhältnis zwischen Aktivität und Passivität dar. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als

Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, dadurch lassen sich drei Gruppen kenntlich machen: Eine Aktiv-, eine Passiv- und eine Mischgruppe.

Ranking nach der höchsten Aktivität (D)		
Element	Aktivität	Passivität
100	70	0
124	61	0
109	41	0
221	41	41
105	36	0
220	36	36
216	32	32
103	31	0
140	30	0
238	26	26

Tabelle 51: Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Aktivität können der Tabelle 51 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage verfügen nur Ursachen und Auswirkungen über eine Aktivität. Die Ursachen mit den Nummern 100, 124 und 109 sind am aktivsten am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach der höchsten Passivität (D)		
Element	Aktivität	Passivität
301	0	128
312	0	98,75
306	0	78
303	0	68
300	0	63
313	0	55
307	0	51
221	41	41
305	0	41
220	36	36

Tabelle 52: Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Passivität können der Tabelle 52 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben jedoch nur

Auswirkungen und Ziele eine Passivität. Die Ziele 301, 312 und 306 sind am passivsten und werden deshalb am meisten beeinflusst.

P- und Q-Wert

Der P-Wert kategorisiert die Elemente in kritisch oder puffernd.

Ranking nach dem höchsten P-Wert (D)		
Element	Q-Wert	P-Wert
221	1	1681
220	1	1296
216	1	1024
232	0,78	800
238	1	676
237	1	576
202	1	576
225	1	576
255	1	576
207	1	473,06

Tabelle 53: Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten P-Wert können der Tabelle 53 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben alle Ziele und Ursachen einen P-Wert von Null. Die Auswirkungen 221, 220 und 216 sind am stärksten am Systemverhalten beteiligt.

Der Q-Wert kategorisiert die Elemente in aktiv oder reaktiv.

Ranking nach dem höchsten Q-Wert (D)		
Element	Q-Wert	P-Wert
400	1,5	96
221	1	1681
220	1	1296
216	1	1024
238	1	676

Tabelle 54: Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen D (basiert auf Tabelle 80 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten Q-Wert können der Tabelle 54 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage weisen Ursachen einen Q-Wert von Unendlich und Ziele einen Q-Wert von Null auf. Die Auswirkung und Ursache 400 hat einen Q-Wert größer als Eins und ist damit ein richtungsgebendes Element.

Werden Q-Wert auf der Abszisse und P-Wert auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente ihrem Charakter nach einteilen. Diese Einteilung erfolgt in einer der vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch, puffernd und eventuelle Zwischenstufen.

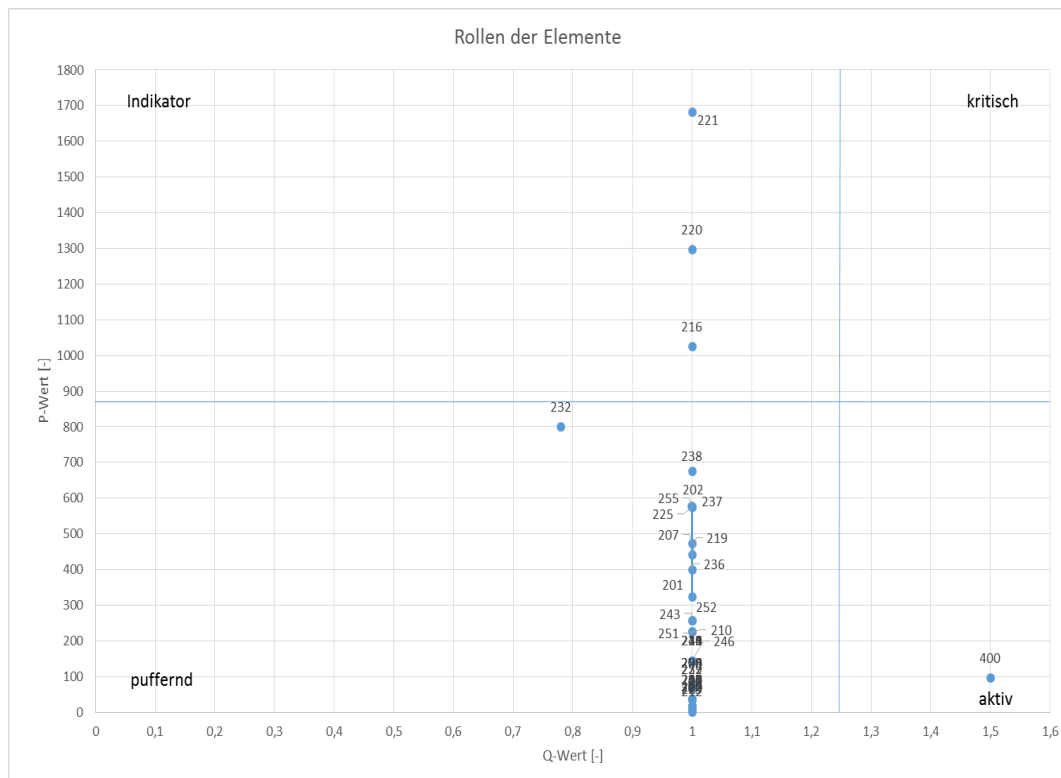


Abbildung 23: Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen D im Abwasserbeseitigungssystem

Mit Hilfe der Abbildung 23 lässt sich die Aufteilung nach der Rolle der Elemente visualisieren. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, dadurch lassen sich vier Gruppen kenntlich machen, die dem Charakter der Elemente entsprechen. Oben links ist der reaktive Bereich. Oben

rechts ist der kritische Bereich. Unten rechts ist der aktive Bereich, und unten links ist der puffernde Bereich. Je weiter entfernt sich ein Element vom eingezeichneten Kreuz befindet, desto extremer ist dieses in seiner Rolle. Um den Bereich, in welchem sich die zwei Achsen des eingezeichneten Kreuzes schneiden, befindet sich eine graue Zone. In dieser lassen sich die Elemente nicht mehr eindeutig charakterisieren.

Die Elemente der Aktiv-Gruppe dienen als Hebel für Maßnahmen und zeichnen sich durch einen schwachen „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört neben den Ursachen das Element 400 an.

Die Elemente der Reaktiv-Gruppe dienen als Indikatoren für Veränderungen und zeichnen sich durch einen starken „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören die Elemente 221, 220 und 216 an.

Die Elemente der kritischen Gruppe sind destabilisierend, sowie wenig vorhersehbar und zeichnen sich durch einen starken „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört kein Element an.

Die Elemente der Puffer-Gruppe dienen der Stabilisierung, sowie der Verzögerung des Verhaltens im System und zeichnen sich durch einen schwachen „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören alle anderen Elemente außer den Ursachen an.

Zusammenfassend sind alle Ziele in ihrer Rolle passiv und träge, damit werden sie stark beeinflusst und sind den Risikobeziehungen entsprechend stark ausgesetzt. Die Elemente 221, 220 und 216 sind reaktiv, damit bilden sie Indikatoren für Veränderungen des Systems. Sie sind hierfür geeignet, da sie schneller als andere Elemente reagieren, und können deshalb zur Einschätzung der Veränderung des Systems bei Einleitung von Maßnahmen genutzt werden. Die Ursachen haben einen Q-Wert von Unendlich und sind somit hoch aktiv. An hoch aktiven Elementen sind Veränderungen prinzipiell mit Vorsicht durchzuführen, da diese das System destabilisieren können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können an Ursachen keine Rückkopplungen stattfinden, damit wird die mögliche destabilisierende Wirkung einer Ursache auf das System entschärft.

Das Element 400 ist im Gegensatz zu den Ursachen lediglich aktiv und damit ist es ein besserer Hebel für die Einleitung von Maßnahmen. Zudem ist dieses direkt mit einem Ziel verknüpft, sodass das Ziel, aufgrund des kurzen Wegs, effektiver

beeinflusst werden kann. Das Element 400 ist allerdings als Ursache und Auswirkung definiert, sodass an ihm Rückkopplungen möglich sind. Aus diesem Grund ist ein Eingreifen an diesem Element und seine Wirkung auf das System zu prüfen. Davon unabhängig ist für die hoch aktiven sowie aktiven Elemente die Frage ihrer Wirkung auf das Systemverhalten nicht beantwortet.

4.3.2.3. Analyse des Unternehmens E

Die Bedeutung der Attribute Aktivität, Passivität, Q-Wert und P-Wert sind in Abschnitt 4.3.2 erklärt, deshalb wird in diesem Abschnitt nicht nochmal darauf eingegangen.

Aktivität und Passivität

Die Einteilung nach Aktivität und Passivität ermöglicht es einen Überblick über die Einflussstärke der Elemente zu erlangen.

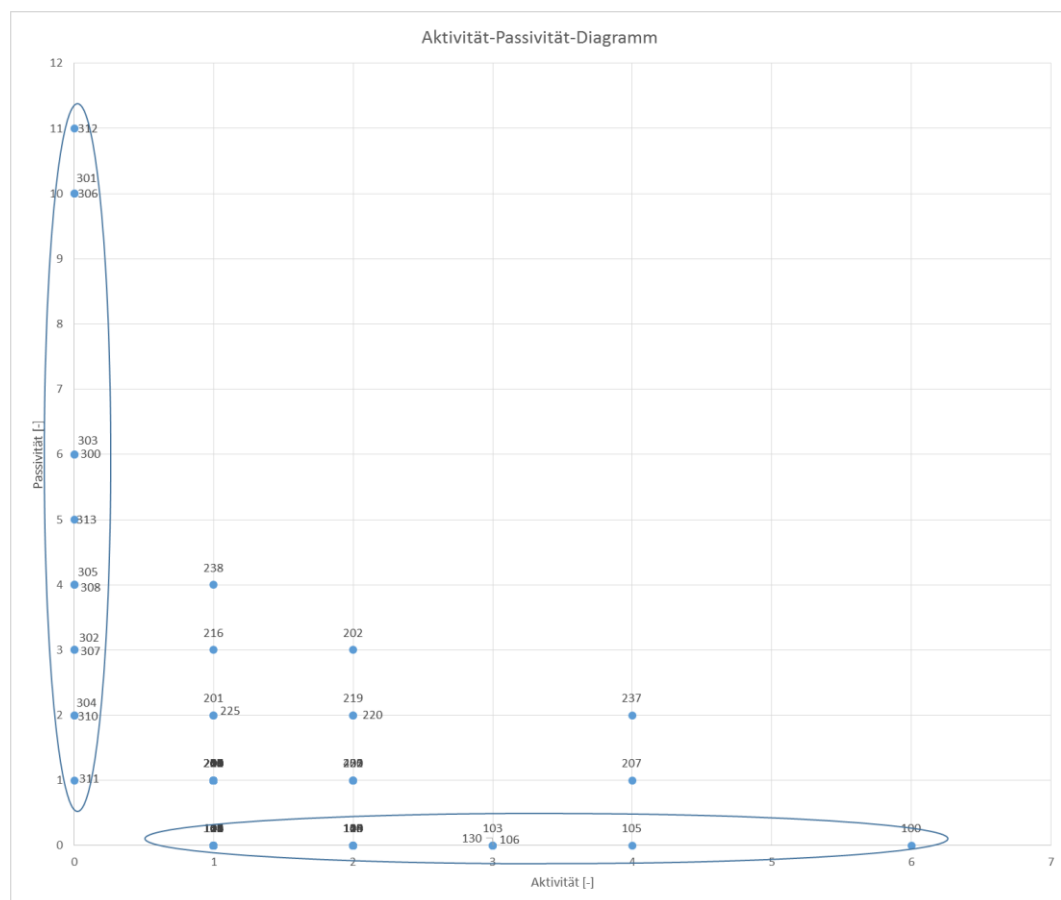


Abbildung 24: Aktivitäts-Passivitätsdiagramm der Elemente des Unternehmens E im Abwasserbeseitigungssystem

Die Abbildung 24 stellt das Verhältnis zwischen Aktivität und Passivität dar. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, wodurch drei Gruppen sichtbar werden: Eine Aktiv-, eine Passiv- und eine Mischgruppe.

Ranking nach der höchsten Aktivität (E)		
Element	Aktivität	Passivität
100	6	0
105	4	0
207	4	1
237	4	2
103	3	0
106	3	0
130	3	0

Tabelle 55: Ranking nach höchster Aktivität im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Aktivität können der Tabelle 55 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage verfügen nur Ursachen und Auswirkungen über eine Aktivität. Die Ursachen mit den Nummern 100, 105, 207 und 237 sind am aktivsten am Systemverhalten beteiligt.

Ranking nach der höchsten Passivität (E)		
Element	Aktivität	Passivität
312	0	11
301	0	10
306	0	10
300	0	6
303	0	6
313	0	5
305	0	4
308	0	4
238	1	4

Tabelle 56: Ranking nach höchster Passivität im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H)

Die Elemente mit der höchsten Passivität können der Tabelle 56 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben nur Auswirkungen

und Ziele eine Passivität. Die Ziele 312, 301 und 306 sind am passivsten und werden deshalb am meisten beeinflusst.

P- und Q-Wert

Der P-Wert kategorisiert die Elemente in kritisch oder puffernd.

Ranking nach dem höchsten P-Wert (E)		
Element	Q-Wert	P-Wert
237	2	8
202	0,67	6
207	4	4
219	1	4
220	1	4
238	0,25	4
216	0,33	3

Tabelle 57: Ranking nach höchstem P-Wert im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten P-Wert können der Tabelle 57 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage haben alle Ziele und Ursachen einen P-Wert von Null. Die Auswirkungen 237 und 202 sind am stärksten am Systemverhalten beteiligt.

Der Q-Wert kategorisiert die Elemente in aktiv oder reaktiv.

Ranking nach dem höchsten Q-Wert (E)		
Element	Q-Wert	P-Wert
207	4	4
237	2	8
221	2	2
232	2	2
255	2	2
400	2	2

Tabelle 58: Ranking nach höchstem Q-Wert im Unternehmen E (basiert auf Tabelle 81 Anhang H)

Die Elemente mit dem höchsten Q-Wert können der Tabelle 58 entnommen werden. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage weisen Ursachen einen Q-

Wert von Unendlich und die Ziele einen Q-Wert von Null auf. Die Auswirkungen 207, 237, 221, 232 sowie 255, und das Element 400 haben einen Q-Wert größer als Eins und sind damit richtungsgebenden Elemente.

Werden Q-Wert auf der Abszisse und P-Wert auf der Ordinate in einem Diagramm aufgetragen, lassen sich die Elemente ihrem Charakter nach einteilen. Diese Einteilung erfolgt in einer der vier Hauptkategorien: aktiv, reaktiv, kritisch, puffernd und eventuelle Zwischenstufen.

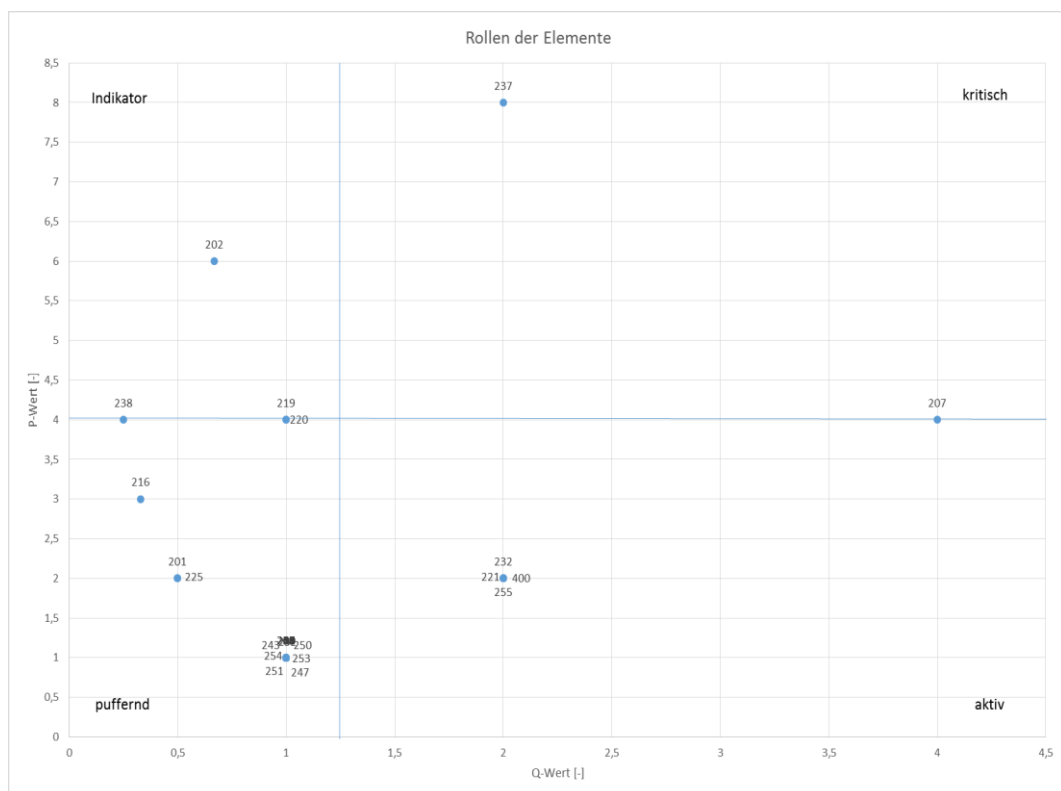


Abbildung 25: Rollenverteilung der Elemente im Unternehmen E im Abwasserbeseitigungssystem

Mit Hilfe der Abbildung 25 lässt sich die Aufteilung nach der Rolle der Elemente visualisieren. Viele Elemente werden aufgrund derselben AS und PS durch den gleichen Punkt dargestellt und überlagern sich. Diese Abbildung soll deshalb lediglich als Orientierung dienen. Die eingezeichneten Markierungen dienen der Gruppierung der Elemente, dadurch lassen sich vier Gruppen kenntlich machen, die dem Charakter der Elemente entsprechen. Oben links ist der reaktive Bereich. Oben rechts ist der kritische Bereich. Unten rechts ist der aktive Bereich und unten links ist der puffernde Bereich. Je weiter entfernt sich ein Element vom eingezeichneten Kreuz befindet, desto extremer ist dieses in seiner Rolle.

Die Elemente der Aktiv-Gruppe dienen als Hebel für Maßnahmen und zeichnen sich durch einen schwachen „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehören neben den Ursachen die Elemente 400, 232, 221 und 255 an.

Die Elemente der Reaktiv-Gruppe dienen als Indikatoren für Veränderungen und zeichnen sich durch einen starken „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehört das Element 202 an.

Die Elemente der kritischen Gruppe sind destabilisierend, sowie wenig vorhersehbar und zeichnen sich durch einen starken „Leitungscharakter“ aus. Dieser Gruppe gehört kein Element an.

Die Elemente der Puffer-Gruppe dienen der Stabilisierung, sowie der Verzögerung des Verhaltens im System und zeichnen sich durch einen schwachen „Gefolge-Charakter“ aus. Dieser Gruppe gehören alle anderen Elemente außer den Ursachen an.

Zusammenfassend sind alle Ziele in ihrer Rolle passiv und träge, damit werden sie stark beeinflusst und sind den Risikobeziehungen entsprechend stark ausgesetzt. Das Element 202 ist reaktiv, damit bildet es einen Indikator für Veränderungen des Systems. Es ist hierfür geeignet, da es schneller als andere Elemente reagiert, und kann deshalb zur Einschätzung der Veränderung des Systems bei Einleitung von Maßnahmen genutzt werden. Die Ursachen haben einen Q-Wert von Unendlich und sind somit hoch aktiv. An hoch aktiven Elementen sind Veränderungen prinzipiell mit Vorsicht durchzuführen, da diese das System destabilisieren können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können an Ursachen keine Rückkopplungen stattfinden, damit wird die mögliche destabilisierende Wirkung einer Ursache auf das System entschärft.

Die Elemente 400, 232, 221 und 255 sind im Gegensatz zu den Ursachen lediglich aktiv und damit bessere Hebel für die Einleitung von Maßnahmen. Zudem sind diese direkt mit den Zielen verknüpft, sodass die Ziele, aufgrund der kurzen Wege, effektiver beeinflusst werden können. Die Elemente 232, 221 und 255 sind allerdings der Definition nach Auswirkungen. Grundsätzlich ist jedoch nur an Ursachen die Einleitung von Maßnahmen durchzuführen. Das Element 400 ist als Ursache und Auswirkung definiert, sodass an diesem Rückkopplungen möglich sind. Aus diesem Grund ist ein Eingreifen an diesem Element und seine Wirkung

auf das System zu prüfen. Davon unabhängig ist für die hoch aktiven sowie aktiven Elemente die Frage ihrer Wirkung auf das Systemverhalten nicht beantwortet.

4.3.2.4. Gegenüberstellung der Ergebnisse der Analyse

Aufgrund der unterschiedlichen Bewertungen der Risikobeziehungen durch die Unternehmen differieren am Ende deren Ergebnisse. Die Unternehmen hatten allerdings bei der Risikobewertung dieselben Beurteilungsmaßstäbe, weshalb die Ergebnisse miteinander verglichen werden können. Darüber hinaus sollen ihre Ergebnisse mit denen des binären Systems verglichen werden. Daran soll die Stabilität der Methode und deren Kernthese der inhärenten Eigenschaften der Elemente überprüft werden.

Gemeinsam ist der allgemeinen sowie der unternehmensspezifischen Untersuchung, dass die Ziele einen hoch passiven Charakter haben. Die Ziele werden dadurch stark von den Risiken beeinflusst. Darüber hinaus sind die Ursachen im System hoch aktiv. Des Weiteren ist festzustellen, dass etwa die Hälfte aller Elemente einen puffernden Charakter hat. Aus diesem Grund scheint das System gegenüber Veränderungen insgesamt träge zu sein. Im betrachteten Fall ist die Veränderung in Richtung der Risikominimierung jedoch erwünscht, sodass gezielt Angriffspunkte gewählt werden müssen, um das träge System zu lenken. Als allgemeine Hebelgrößen gelten die Ursachen. Aufgrund ihres hoch aktiven Charakters ist jedoch zu untersuchen, inwiefern sich Veränderungen an ihnen auf das System auswirken. Durch Einflüsse an den Hebelgrößen soll das System nach einer Veränderung wieder in eine neue stabile Lage finden können. Aufgrund der Konzeption der Datengrundlage können Ursachen keine Rückkopplungen bilden. Ihr Wirken im System ist dadurch entschärft, aber nicht komplett determiniert. Im Allgemeinen und ohne Kenntnisse über das Verhalten des Zusammenwirkens der Elemente sind aktive Elemente als Hebelgrößen geeigneter als hoch aktive. Die einzige gemeinsame Hebelgröße ist das Element 400, an dem allerdings Rückkopplungen gebildet werden können. Weitere Hebelgrößen sind nur im binären System und im System des Unternehmens E vorhanden, welche jedoch Auswirkungen darstellen. Nach der Definition der Datengrundlage sollen Maßnahmen prinzipiell an Ursachen erfolgen, weshalb Auswirkungen nicht primär als Hebelgrößen herangezogen werden können. Eine weitere Untersuchung des

Wirkens im System der aktiven Elemente ist notwendig, um das Systemverhalten, welches diese auslösen, einzuschätzen.

Die Analysen weisen in jedem System Indikatoren zur Prüfung des Systemverhaltens auf. Nur im binären System und im System des Unternehmens E gibt es eine gemeinsame Indikatorgröße. Allein das allgemeine System hat eine kritische Größe, somit sind die Systeme der Unternehmen in einer besseren Risikolage.

Insgesamt sind die Ergebnisse des binären und des Systems des Unternehmens E vergleichbar, sowie die Ergebnisse der Systeme der Unternehmen C und D.

4.3.3. Gegenüberstellung der binären und der unternehmensspezifischen Systeme

Ziel der Gegenüberstellung ist es, die inhärenten Attribute der Elemente sichtbar werden zu lassen. Im Falle einer Korrelation zwischen der binären und den unternehmensspezifischen Ergebnissen der Analyse führt diese zu einer Bestätigung der inhärenten Charaktereigenschaften. Diese Rollen im System sind für die Ursachen sowie die Ziele in beiden Untersuchungen gleich, jedoch ist dieser Umstand auf die Lücke der zugrundeliegenden Theorie, im nächsten Absatz erläutert, zurückzuführen. Aus diesem Grund hat die Korrelation der Ergebnisse über die Ziele und Ursachen wenig Aussagekraft, um den inhärenten Charakter der Elemente zu bestätigen. Die weiterführende Charakterisierung mit dem P- sowie Q-Wert betrifft aufgrund dieser Theorielücke allein die Auswirkungen. Für die Auswirkungen ist jedoch eine geringe Korrelation in den Ergebnissen festzustellen. Die allgemeine Gültigkeit der inhärenten Eigenschaften der Elemente lässt sich deshalb nicht mit der durchgeführten Analyse beantworten. Dafür können drei Ursachen verantwortlich sein, die im Folgenden dargelegt werden.

Die erste Ursache ist auf die geringe Menge der untersuchten Modelle zurückzuführen. Es sind zwei Modelle untersucht worden mit jeweils zwei Variationen für die Wasserversorgung und drei für die Abwasserbeseitigung. Nach Vester (2000) ist eine der Stärken seiner vorgeschlagenen Methoden die Erprobung und die jahrelange Erfahrung in der Praxis. Eine aussagekräftige Analyse erfordert die Durchführung einer Studie und einer gewissen statistischen Sicherheit, die in der vorliegenden Arbeit nicht geleistet werden kann. Eine weitere Ursache ist die Subjektivität bei der Wahl einer geeigneten Grenze für die Kategorisierung des P-

Werts. Diese hängt mit der letzten und dritten Ursache zusammen, welche auf die Methode selbst zurückzuführen ist. Die Problematiken bei der Bildung des P-Werts und des Q-Werts sollen nachfolgend dargestellt werden. Die Metriken zur Charakterisierung der Elemente sind der P-Wert und der Q-Wert. Diese wiederum basieren auf dem Konzept der Aktivität und Passivität. Letzteres, sowie der Q-Wert erscheinen plausibel, und ihre Berechnungsmethode hierzu passend. Der Q-Wert, das Verhältnis von Aktivität und Passivität, zeigt eine Stabilität in den binären und den unternehmensspezifischen Untersuchung. Voraussetzung dafür ist, dass die Aktivität und Passivität eines Elements in einem vergleichbaren Verhältnis zu- oder abnimmt, welches hier zutrifft. Dieser Effekt kann zwar allgemein auftreten, ist aber im vorliegenden Fall auf die Bildung des Modells zurückzuführen. Durch die Annahme, dass die Risikohöhe eines Wirkungspfades für jeden Teilpfad, sprich Ursache und Auswirkung sowie Auswirkung und Ziel, gleich hoch ist, entsteht an den Auswirkungen eine Symmetrie. Diese Symmetrie bewirkt, dass bei Gewichtung der eingehenden sowie der ausgehenden Beziehungen eines Elements deren Risikohöhen insgesamt gleich sind. Das führt dazu, dass obwohl die Beziehung gewichtet ist, das Verhältnis der Aktivität und Passivität und somit der Q-Wert gleich bleibt. Des Weiteren ist die Wahl eines hohen oder niedrigen Q-Wertes definiert. Ein hoher Q-Wert ist größer und ein niedriger kleiner als Eins. In dieser Arbeit ist allerdings die Grenze bei 1,25 gewählt mit dem Ziel, höhere Q-Werte deutlicher zu unterscheiden. Davon unabhängig, aber problematisch in der Bildung des Q-Werts ist es, wenn ein Element nicht beeinflusst wird, und sein Q-Wert deshalb nicht berechnet werden kann. Diese Lücke in der Methode wird umgangen, indem solche Elemente aufgrund ihres unendlichen Q-Werts als hoch aktiv bezeichnet werden. Eine genauere Kategorisierung der Elemente, wie im Fall der Ursachen, ist jedoch nicht möglich. Dagegen ist der P-Wert, die Multiplikation der Aktivität und Passivität, im Vergleich zum Q-Wert weniger gut definiert und seine Berechnung somit problematisch. Nach Vester (2000; S. 230) ist der Q-Wert alleine für die Charakterisierung der Elemente nicht aussagekräftig genug, sodass ein Produkt aus Aktiv- und Passivsumme gebildet werden muss. Warum der Q-Wert nicht ausreichend ist, ist jedoch nicht eindeutig erläutert. Zur Begründung der Berechnung des P-Werts schreibt Vester (2000; S. 230 f.):

„Eine bloße Addition aus Aktiv- und Passiv-summe wäre im Übrigen dafür kein adäquates Maß; denn auch in der Realität verhält es sich, wie an jeder

positiven Rückkopplung abzulesen, in der Tat so, dass sich mit jeder weiteren Wirkung auf andere Systemteile und den damit verbundenen Rückwirkungen die Aktionen und Reaktionen nicht bloß addieren, sondern multiplizieren.“.

Der P-Wert zeigt sich in dieser Betrachtung als instabil gegenüber Veränderungen, was wiederum mit der Schwierigkeit der Festlegung einer geeigneten Grenze für dessen Kategorisierung zusammenhängt.

Diese Gründe bilden eine plausible Erklärung für die Unterschiede der Ergebnisse bei der Charakterisierung der Elemente, welche eigentlich in den jeweiligen Systemen vergleichbar sein sollten.

4.4 Verhaltensanalyse des Systems mittels qualitatives System Dynamics und Systemarchetypen

Die Zentralitätsmaße und die Charakterisierung der Elemente dienen lediglich deren Einordnung im Geflecht und somit dem Aufdecken ihrer Rollen. Diese Einteilung in Rollen ist ein hilfreicher Filter, da sie zeigt, welche Elemente für bestimmte Zwecke eingesetzt werden können. Diese Kategorisierung bildet somit die Grundlage für die Analyse des Systemverhaltens. Die Information über das individuelle Verhalten der Elemente reicht alleine jedoch nicht aus, um das Zusammenwirken aller Elemente und damit das Systemverhalten zu determinieren. Charakteristisch für das Systemverhalten sind Wirkungskreise, die sich in Systemarchetypen kategorisieren lassen.

Aus diesem Grund werden im Folgenden die Modelle des Trinkwasserversorgungs- und des Abwasserbeseitigungssystems auf Rückkopplungen hin untersucht und mögliche Systemarchetypen identifiziert. Zudem wird exemplarisch gezeigt, wie sich die von einer Ursache ausgehende Risikoinformationsfortpflanzung auf Ziele auswirkt. Außerdem ist festzustellen, ob die durch die Einflussmatrix determinierten Hebelgrößen Teil solcher Wirkungskreise sind.

Die Identifikation von Rückkopplungen gibt einen wichtigen Einblick auf das Zusammenwirken und die Interdependenzen der Elemente im System und ergänzt somit die Ergebnisse der Einflussmatrix. Dieses Zusammenwirken und die Interdependenzen der Elemente sind entscheidend für die gezielte Lenkung des Systems in eine gewünschte Richtung. Dabei ist die Kenntnis und die Berücksichtigung der Länge der Rückkopplungen von Vorteil. Lange

Rückkopplungsketten wirken mit Verzögerungen und werden deshalb oft unterschätzt und übersehen. Dagegen haben kurze Rückkopplungsketten eine rasche Wirkung und werden deshalb einfacher erkannt.

4.4.1 Trinkwasserversorgungssystem

Mit Hilfe der Anwendung NodeXL werden aus dem gebildeten Geflecht alle Ursachen ausgeblendet, da diese aufgrund ihrer Konzeption keine Rückkopplungen bilden können. Durch die Entfernung der Ursachen zerfällt das Geflecht in mehrere Teile, sodass es leicht zu überblicken ist und somit rein visuell analysiert werden kann. Eine Analyse der Rückkopplungen mit Hilfe einer Anwendung wie Vensim ist daher nicht mehr nötig.

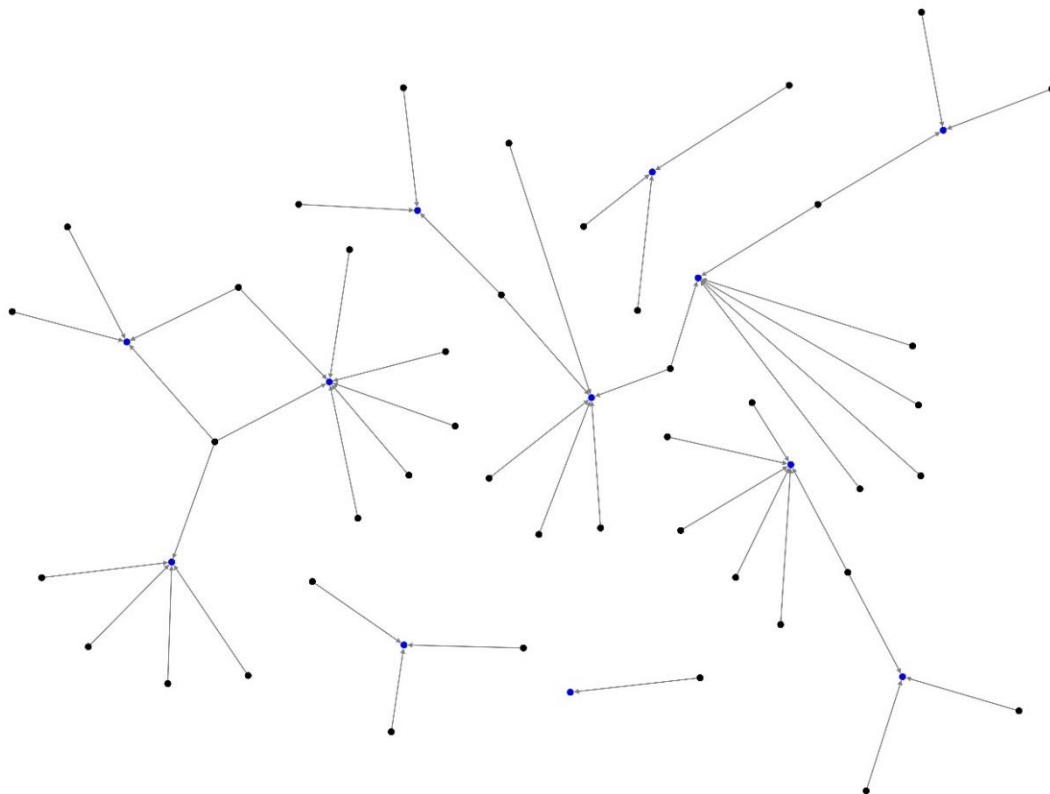


Abbildung 26: Modell des Trinkwasserversorgungssystems ohne Ursachen mit NodeXL erstellt

Aus der Abbildung 26 wird die hohe Linearität und die geringe Verdichtung des Geflechts sichtbar. Die blauen Punkte im Bild stellen die Ziele dar. Das Bild verdeutlicht das Fehlen von Rückkopplungen und Systemarchetypen. Ein System ohne Rückkopplungskreise kann weder eskalieren, noch sich selbst stabilisieren. In

diesem Fall verläuft die aus den Ursachen über die Auswirkungen ausgehende risikobehaftete Information linear in die Nachhaltigkeitsziele über, welche als Senke des Systems fungieren. Dieses Verhalten spiegelt teilweise die strenge Konzeption der Datengrundlage wider, die trotz der Überführung der linearen Wirkungspfade in ein Wirkungsgeflecht weiterhin besteht.

Die Wirkung der Weitergabe risikobehafteter Information soll exemplarisch an einer Ursache gezeigt werden, da sich bei allen anderen Ursachen die Risikoinformationsverbreitung analog verhält. Hierfür wird die Ursache „Trinkwasserverbrauch -“ mit der Nr. 158 ausgewählt. Diese Ursache ist sowohl hoch aktiv aufgrund ihres Q-Werts als auch zentral aufgrund ihres hohen Outdegrees und hohen Outclosenesses und betrifft die Unternehmen A und B. Für die qualitative Analyse der Risikobeziehungen zwischen Elementen ist die systemische Beziehungsart, sprich positiv oder negativ, zu bestimmen. Die Datengrundlage enthält keine Angaben darüber, weshalb sinnvolle Annahmen zu Demonstrationszwecken getroffen werden.

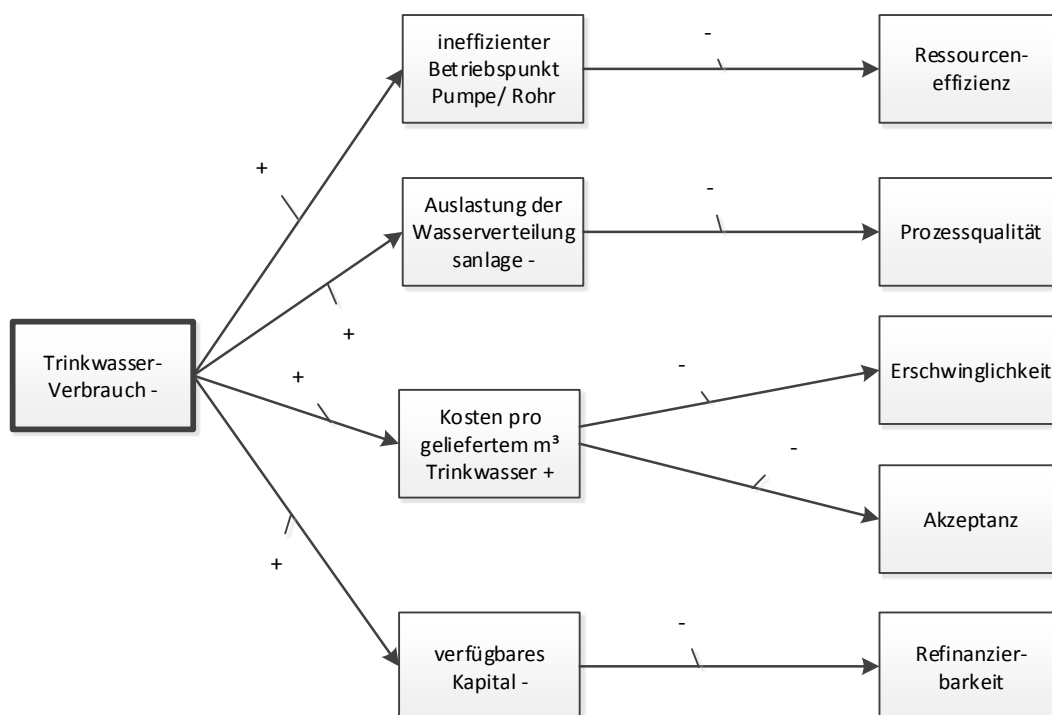


Abbildung 27: Ursache-Wirkungs-Diagramm der Ursache „Trinkwasserverbrauch -“

Eine Zunahme des geringen Trinkwasserverbrauchs führt, wie in Abbildung 27 dargestellt, zu weniger Ressourceneffizienz, weniger Prozessqualität, weniger Erschwinglichkeit, weniger Akzeptanz und weniger Refinanzierbarkeit. Die

Abnahme des geringen Trinkwasserverbrauchs hat die gegenteilige Wirkung auf die Ziele. Im betrachteten Fall führt eine Abnahme des geringen Trinkwasserverbrauchs zu einer gewünschten Wirkung auf alle Ziele. Theoretisch kann die Einwirkung auf eine Ursache aber auch teilweise positive und teilweise negative Veränderungen an den unterschiedlichen Nachhaltigkeitszielen hervorrufen. Dieses Beispiel soll zeigen, dass die Information über das Verhalten und Zusammenwirken der Elemente wichtig ist. Für die Einleitung von Maßnahmen an Elementen ist es deshalb bedeutend, welche Wirkungen diese im System auslösen.

4.4.2. Abwasserbeseitigungssystem

Mit Hilfe der Anwendung NodeXL werden aus dem gebildeten Geflecht alle Ursachen ausgeblendet, da diese aufgrund ihrer Konzeption keine Rückkopplungen bilden können. Durch die Entfernung der Ursachen zerfällt das Geflecht in mehrere Teile, sodass es leicht zu überblicken ist und somit rein visuell analysiert werden kann. Eine Analyse der Rückkopplungen mit Hilfe einer Anwendung wie Vensim ist daher nicht mehr nötig.

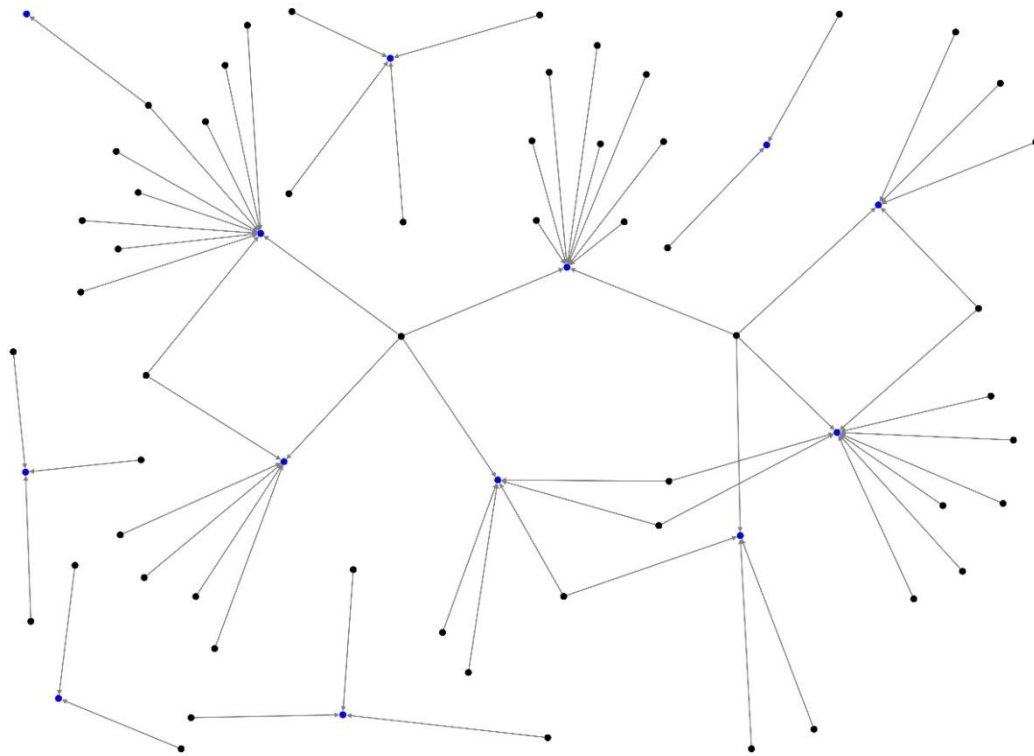


Abbildung 28: Modell des Abwasserbeseitigungssystems ohne Ursachen mit NodeXL erstellt

Aus der Abbildung 28 wird die hohe Linearität und die geringe Verdichtung des Geflechts sichtbar. Die blauen Punkte im Bild stellen die Ziele dar. Das Bild verdeutlicht das Fehlen von Rückkopplungen und Systemarchetypen. Ein System ohne Rückkopplungskreise kann weder eskalieren, noch sich selbst stabilisieren. In diesem Fall verläuft die aus den Ursachen über die Auswirkungen ausgehende risikobehaftete Information linear in die Nachhaltigkeitsziele über, welche als Senke des Systems fungieren. Dieses Verhalten spiegelt teilweise die strenge Konzeption der Datengrundlage wider, die trotz der Überführung der linearen Wirkungspfade in ein Wirkungsgeflecht weiterhin besteht.

Die Wirkung der Weitergabe risikobehafteter Information soll exemplarisch an einer Ursache gezeigt werden, da sich bei allen anderen Ursachen die Risikoinformationsverbreitung analog verhält. Hierfür wird die Ursache „Änderung der Rechtslage“ mit der Nr. 105 ausgewählt. Diese Ursache ist hoch aktiv aufgrund ihres Q-Werts und auch zentral aufgrund ihres hohen Outdegrees und hohen Outclosenesses und betrifft die Unternehmen C, D und E. Für die qualitative Analyse der Risikobeziehungen zwischen Elementen ist die systemische Beziehungsart, sprich positiv oder negativ, zu bestimmen. Die Datengrundlage

enthält keine Angaben darüber, weshalb sinnvolle Annahmen zu Demonstrationszwecken getroffen werden.

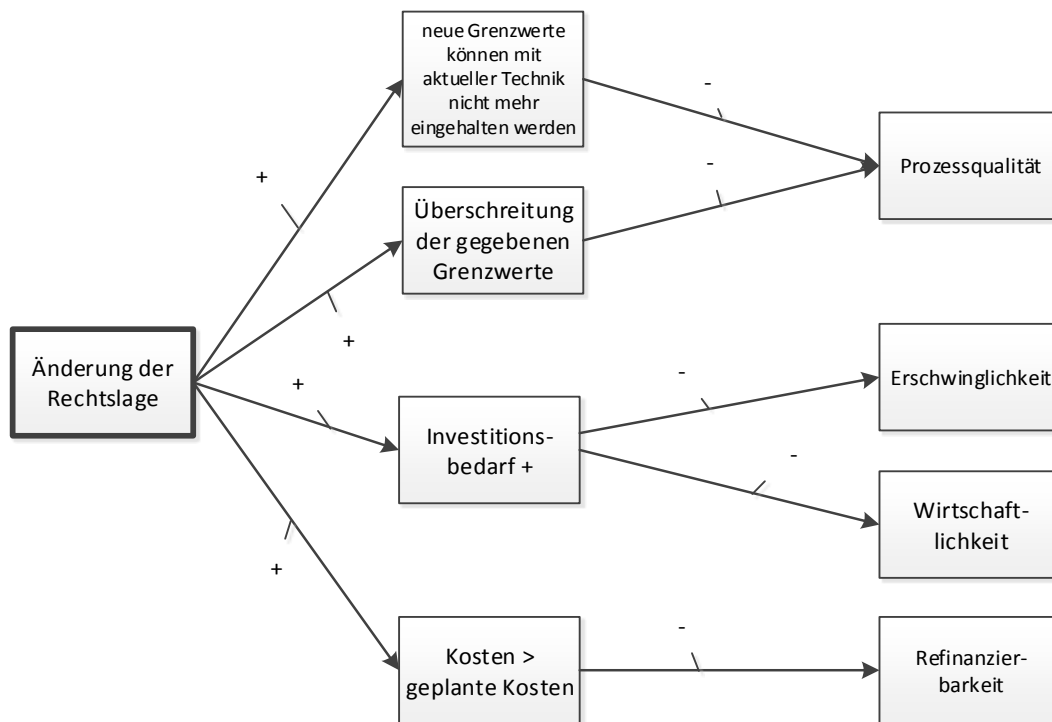


Abbildung 29: Ursache-Wirkungs-Diagramm der Ursache „Änderung der Rechtslage“

Eine Zunahme der Änderung der Rechtslage führt, wie in Abbildung 29 dargestellt, zu weniger Prozessqualität, weniger Erschwinglichkeit, weniger Wirtschaftlichkeit und weniger Refinanzierbarkeit. Die Abnahme der Änderung der Rechtslage hat die gegenteilige Wirkung auf die Ziele. Im betrachteten Fall führt eine Abnahme der Änderung der Rechtslage zu einer gewünschten Wirkung auf alle Ziele. Theoretisch kann die Einwirkung auf eine Ursache aber auch teilweise positive und teilweise negative Veränderungen an den unterschiedlichen Nachhaltigkeitszielen hervorrufen. Dieses Beispiel soll zeigen, dass die Information über das Verhalten und Zusammenwirken der Elemente wichtig ist. Für die Einleitung von Maßnahmen an Elementen ist es deshalb bedeutend welche Wirkungen diese im System auslösen.

4.5. Gegenüberstellung der Netzwerkanalyse und der qualitativen systemisch-kybernetischen Analyse

Die Methoden der Netzwerkanalyse, der Einflussmatrix und des qualitativen System Dynamics haben aus verschiedenen Blickwinkeln das zu untersuchende Geflecht aus Risikobeziehungen beleuchtet. Neben der Gewinnung von neuen Erkenntnissen über die Risikosituation im Wirkungsgefüge sollen die Ergebnisse zeigen, inwieweit ein Zusammenhang zwischen den Zentralitätsmetriken und der Charakterisierung der Elemente durch die Einflussmatrix besteht. Außerdem sollen Ergänzungsmöglichkeiten beider Methoden aufgezeigt werden und der Aufwand beider Methoden ins Verhältnis gesetzt werden.

Im Vergleich der Metriken der Methoden zeigt sich eine Übereinstimmung einerseits in den Maßen der Aktivität-Summe und des Outdegrees, sowie der Passivität-Summe und des Indegrees. Diese Maße werden gleich berechnet, und ihr theoretischer Hintergrund ist vergleichbar. Vergleichbar sind sie, da beide der Bestimmung von direkter Beeinflussung oder direkter Beeinflussbarkeit dienen und ihre Konzepte gleichzeitig die Beschränkung ihrer Aussagekraft bzgl. indirekter Beziehungen verdeutlichen. Zu unterscheiden ist jedoch die Information, die aus diesen Maßen über ein Element gewonnen wird. Normalerweise beschäftigt sich die Netzwerkanalyse mit Beziehungen allgemein und liefert als Ergebnis daher nur Indizien über die vorherrschenden Zusammenhänge und Verhältnisse im Netzwerk. In einer systemisch-kybernetischen Betrachtung hingegen besteht zwischen den Beziehungen ein kausaler Zusammenhang. Die Ergebnisse einer solchen Untersuchung haben damit ein anderes Gewicht und ermöglichen konkretere Aussagen. Im vorliegenden Fall liegen keine Unterschiede vor, da es sich bei den Beziehungen im Geflecht um Kausalitäten handelt.

Konzeptionell berücksichtigen der P-Wert und das Closeness-Maß indirekte Beziehungen, jedoch werden diese anders berechnet und deren Ergebnisse sind unterschiedlich. Gleiches gilt für das Degree und den Q-Wert, welche die direkten Beziehungen berücksichtigen. Das Betweenness-Maß und der P-Wert liefern hingegen trotz unterschiedlicher Berechnungsgrundlagen vergleichbare Ergebnisse. Beide Maße kennzeichnen Elemente, die gleichermaßen stark beeinflussen und beeinflusst werden. Dieser Zusammenhang spricht für den P-Wert und relativiert seine problematische Definition. Beide, Betweenness und P-Wert,

dienen der Aufdeckung relevanter Auswirkungen über welche die meisten Risikobeziehungen laufen.

Beide Methoden, Zentralitätsanalyse und Einflussmatrix, dienen dem Aufzeigen relevanter Elemente aufgrund ihrer bestimmten Eigenschaften und unter Berücksichtigung ihrer Einbettung im Geflecht. Die Ergebnisse beider Untersuchungen lassen sich kombinieren. Die Zentralitätsmaße kategorisieren Ursachen und Ziele besser als dies mit der Einflussmatrix aufgrund der Beschränkung in der Definition seiner Maße möglich ist. Beispielsweise beschreibt das Closeness-Maß zentrale Elemente, die das ganze Geflecht beeinflussen. Dieses Maß besitzt im Gegensatz zum P- oder Q-Wert keine Definitionslücke und kann somit alle Elemente eindeutiger klassifizieren. Dagegen kann die Einflussmatrix kritische und puffernde Elemente aufzeigen und weist somit indirekt auf die Wirkung des Eingreifens auf ein Element hin. Das ist wichtig, da die Netzwerkanalyse nicht von einer möglichen Stabilität oder Instabilität eines Geflechts ausgeht. Die Konsequenzen des Eingreifens an einem zentralen Element werden dadurch außer Acht lässt. Dies hängt damit zusammen, dass die Relationen in Netzwerken normalerweise keine Wirkungsbeziehungen sind, sondern allgemeine Beziehungen ohne einen kausalen Charakter. Beide Methoden können implizit die Höhe der Risikobeziehungen zwischen den Elementen berücksichtigen. Diese dienen jedoch vordergründig dazu, den individuellen Einfluss eines Elementes, aufgrund seiner Beteiligung an vorherrschenden Relationen, aufzuzeigen. Das Ziel beider Ansätze ist deshalb eher auf das Einordnen der eingebetteten Elemente gerichtet. Für das konkrete Aufzeigen der höchsten Risikobeziehungen eignet sich bspw. ein Ranking wie unter Kapitel 4.2. angewendet wurde.

Die Zentralitätsanalyse und die Einflussmatrix betrachten jedoch nicht das Geflechtsverhalten, welches sich aus dem Zusammenwirken aller Elemente ergibt. Aus dem Grund können diese Methoden auch nicht das Geflechtsverhalten, welches durch Einwirkung auf ein Element ausgelöst wird, berücksichtigen. Die für das Geflechtverhalten charakteristische Rückkopplungen sind auch kein Gegenstand beider Methoden, deshalb eine Ergänzung beider Ansätze um eine Methode wie System Dynamics notwendig ist. Ein qualitatives System Dynamics berücksichtigt das Zusammenwirken der Elemente und die Regelkreise im Wirkungsgeflecht. Eine visuelle Analyse des Geflechts zeigt für den vorliegenden Fall, dass keines der

untersuchten Geflechte Rückkopplungskreise aufweist. Ein Geflecht ohne Rückkopplungen ist in seinem Verhalten überschaubarer, da sich die Weitergabe von risikobehafteter Information weitestgehend von der Quelle (Ursachen) ausgehend über Knotenpunkte (Auswirkung) bis hin zur Senke (Nachhaltigkeitsziele) linear ausbreitet. Aufgrund dieser Linearität lässt sich die Wirkung eines Elements auf das System qualitativ besser einschätzen. Das Verhalten der Fortpflanzung von risikobehafteter Information ist beispielhaft gezeigt worden.

Der Arbeitsaufwand der Sammlung aller notwendigen Daten und der Anwendung der Netzwerkanalyse und der Einflussmatrix ist an sich vergleichbar. Bei der Netzwerkanalyse ist allerdings, dank der vielseitigen Software, die Berechnung und Darstellung der Daten schneller und einfacher durchzuführen. Die Anwendung der Einflussmatrix macht im vorliegenden Fall nur Sinn, wenn die Auswirkungen genauer untersucht werden sollen. Gesetzt den Fall, dass nur eine Methode anzuwenden ist, liefert die Netzwerkanalyse aussagekräftigere Ergebnisse für die hier betrachtete Datengrundlage. Grund hierfür ist, dass die Netzwerkanalyse die Ursachen sowie die Nachhaltigkeitsziele differenzierter kategorisiert als die Einflussmatrix. Die Ergebnisse beider Methoden bedürfen jedoch einer Erweiterung. Einerseits sind eine Untersuchung des Zusammenwirkens der Elemente und andererseits eine Evaluation der Ergebnisse erforderlich. Diese Erweiterung der Methoden bedeutet jedoch einen hohen Mehraufwand in der Sammlung der Daten und der Anwendung. Oftmals wird der Aufwand für die Sammlung aller notwendigen Daten für eine bestimmte Methode unterschätzt, sodass der gesamte Arbeitsaufwand falsch beziffert wird. Dieser zusätzliche Arbeitsaufwand ist vor seinem praktischen Nutzen abzuwägen, da dieser aufgrund fehlender Daten nicht eingeschätzt werden kann.

5. Schlussbetrachtung

Im diesen Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert und die Untersuchungen auf ihre Validität hin untersucht. Zudem wird die Ausarbeitung zusammengefasst, ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf Forschungsfragen geboten.

5.1. Diskussion der Ergebnisse

Die praktische Aussagekraft der dargestellten Ergebnisse wird dadurch eingeschränkt, dass sich diese auf die von den Unternehmen noch nicht vollständig bewertete Datengrundlage des Projekts NaCoSi beziehen. Die konkreten Resultate der Untersuchung über die einzelnen Elemente sind daher als nachrangig anzusehen. Aus diesem Grund wird nur auf die relevantesten Nachhaltigkeitsziele sowie Ursachen eingegangen. Die Resultate der Analysen zeigen, dass die Nachhaltigkeitsziele „Prozessqualität“ sowie „Erschwinglichkeit“ im Allgemeinen am stärksten durch ihre Risikobeziehungen gefährdet sind. Darüber hinaus geht von der Ursache „Trinkwasserverbrauch -“ das größte Risikopotential im Trinkwasserversorgungssystem aus. Im Abwasserbeseitigungssystem dagegen geht das größte Risikopotential von den Ursachen „Änderung der Rechtslage“ und „Zunahme der Ablagerungen im Kanal“ aus.

Die theoretische Aussagekraft der Analysen bleibt davon jedoch unberührt. Die gewonnenen Erkenntnisse dieser Ausarbeitung über die Anwendbarkeit und Aussagekraft der Methoden können deshalb auf eine spätere vollständig bewertete Datengrundlage übertragen werden. Das Hauptaugenmerk liegt deshalb auf die allgemein, gültigen Erkenntnisse der Untersuchungen. Die Ursachen mit dem höchsten Outcloseness und die Ziele mit dem höchsten Incloseness bedürfen Beachtung, selbst wenn diese nicht in hoch bewerteten Risikobeziehungen stehen. Diese Diskrepanz kann aufzeigen, dass das Risikopotential einer Ursache beziehungsweise die Gefährdung eines Zieles von den Unternehmen unterschätzt wird. Ein weiteres Ergebnis ist die Trägheit der meisten Auswirkungen. Diese bilden etwa die Hälfte aller Elemente und sorgen dadurch für eine Trägheit des gesamten Systems. Aus diesem Grund müssen geeignete Hebelgrößen identifiziert werden, um mit ihrer Hilfe eine Veränderung im Geflechtsverhalten ermöglichen zu können.

Die Auswirkungen im Allgemeinen sind ein sehr interessanter Bestandteil eines Wirkungspfades, welche nur schwer mit den soziologisch geprägten Metriken

charakterisiert werden können. Das bedeutendste Maß hierbei ist die Betweenness Zentralität. Diese definiert die Relevanz aufgrund einer Mittlerfunktion, welche eine viel größere Eigenständigkeit voraussetzt als beispielsweise das Degree oder das Closeness Maß. Viele Beziehungen laufen über den Mittler, der die Information theoretisch manipulieren kann. In der Soziologie hat daher ein hohes Betweenness mit Machtausübung zu tun. Im vorliegenden Fall kann dem Element Auswirkung keine solche aktive Eigenschaft unterstellt werden, obwohl das Element Auswirkung zu einer gewissen Differenzierung des von der Ursache ausgehenden Risikos für das Ziel beiträgt.

Die Anwendung der Methoden zeigt, dass die Differenzierung in Ursachen und Auswirkungen problematisch ist. Die identifizierten Hebelgrößen im System sind teilweise „Auswirkungen“, deshalb ist eine Überprüfung der zugrundeliegenden, engen Definition der Elemente durchzuführen.

Aufgrund der Bildung von Wirkungspfaden als Datengrundlage, in denen ein Risiko die Beziehung der Elemente darstellt, können die Risiken nicht direkt untersucht werden. Eine direkte Analyse bedeutet nämlich, dass ein Modell gebildet werden kann, welches die Risiken als Elemente enthält. Dies ist hier nicht der Fall, da im gebildeten Modell die Risiken die Relationen zwischen den Elementen darstellen. Der Grund für diese Modellbildung ist auf die vorliegende Datengrundlage zurückzuführen. Vor diesem Hintergrund wurde eine indirekte Analyse der Risiken durchgeführt.

Die Möglichkeiten der Anwendung gewählter Methoden mit dem Ziel des Überwindens monokausalen und linearen Denkens rechtfertigt genannter Handhabung der Risiken in der Modellbildung. Diese Methoden konzentrieren sich überwiegend auf die Elemente in einem Geflecht unter Berücksichtigung ihrer Einbettung und den Beziehungen in denen sie stehen. Die Ergebnisse der Analysen beziehen sich deshalb auf die Elemente und spiegeln ihre Relevanz mittels Position und Risikobeziehungen wider. Die Netzwerkanalyse differenziert Elemente nach ihrer Zentralität und liefert Aussagen über die relevantesten Ursachen, von denen Risikobeziehungen ausgehen, sowie die am stärksten gefährdeten Ziele. Die Einflussmatrix differenziert Elemente nach ihrer Rolle und zeigt die kritischen, puffernden, aktiven und reaktiven Elemente auf. Mit Hilfe der Einflussmatrix lassen sich vor allem die Resultate der Netzwerkanalyse im Hinblick auf die Auswirkungen ergänzen. Die Einteilung in Rollen oder nach der Zentralität ist ein

hilfreicher Filter, da sie zeigen, welche Elemente zentral sind und für welchen bestimmten Zweck Elemente eingesetzt werden können. Die gewonnenen Ergebnisse beider Methoden sind von großer Bedeutung, da diese Aussagen über die Elementeigenschaften tätigen und ihre Grenzen in ihrer Anwendung aufzeigen. Darüber hinaus bildet die Kategorisierung der Elemente gleichzeitig die Grundlage für die Analyse des Systemverhaltens.

Für die Analyse des Systemverhaltens sind die angewandten zwei Modelle hinsichtlich der Bildung von Rückkopplungskreisen untersucht worden. Die gebildeten Modelle weisen keine Rückkopplung und somit auch keine Systemarchetypen auf, die das Systemverhalten steuern und regeln. Aufgrund fehlender Wirkungskreise entsteht im System kein kompliziertes Verhalten. Die Risikoinformationsfortpflanzung aus den Ursachen fließt weitgehend linear in die Nachhaltigkeitsziele hinein, welche als Senke des Systems fungieren. Ein reales System ohne Rückkopplungen ist allerdings schwer vorstellbar, daher wird das Fehlen der Rückkopplungen auf die Konzeption der Datengrundlage oder deren Modellierung zurückgeführt. Zum einen werden die Ursachen, Auswirkungen und Ziele sehr eng definiert, zum anderen bilden diese streng lineare Wirkungspfade, welche sich schwer aufbrechen lassen. Wird die Datengrundlage näher untersucht, ist festzustellen, dass nur wenige Auswirkungen gleichzeitig Ursachen sind. Die Bildung von Wirkungskreisen ist damit stark eingeschränkt. Dieser Effekt überträgt sich auf das Modell.

5.2. Validität der Untersuchungen

Die vorliegenden Untersuchungen basieren auf Modellen, welche durch das Abbildungsmerkmal, das Verkürzungsmerkmal und das pragmatische Merkmal gekennzeichnet sind. Modelle gelten somit als eine Vereinfachung eines Realitätsausschnitts, weshalb sie nicht allgemein gültig sind.

Die Ergebnisse der Analyse der Einflussmatrix konnten nicht zeigen, ob die inhärenten Eigenschaften der Elemente durch diese Methode gut abgebildet werden. Problematisch dabei sind vor allem die theoretische Grundlage des P-Werts und die Wahl einer geeigneten Grenze für den P-Wert. Die bereits dargestellte Korrelation der Ergebnisse zwischen P-Wert und Betweenness wird nicht als ein Artefakt oder Zufall angesehen. Das Resultat spricht deshalb für den P-Wert trotz seiner problematischen Definition. Dieser Zusammenhang legt nahe, dass die in

dieser Ausarbeitung getroffene Wahl des P-Grenzwerts wahrscheinlich die Ursache für die nicht eindeutigen Ergebnisse bzgl. den inhärenten Eigenschaften verantwortlich ist. Davon abgesehen liefert die Methode der Einflussmatrix sinnvolle Ergebnisse, deren Bestätigung die bereits dargestellten Gemeinsamkeiten mit der Netzwerkanalyse aufzeigen.

Durch die alleinige Anwendung einer Netzwerkanalyse sind zwar Relationen von hoher Signifikanz erkennbar, aber aufgrund von Endogenität und der Schwierigkeit der Nachweisbarkeit können direkt hieraus kaum kausale Zusammenhänge abgeleitet werden. Diese Tatsache gilt vor allem bei der Betrachtung statischer Netzwerken. Diese Problematik wird im vorliegenden Fall aber durch die vorhandenen kausalen Beziehungen im Wirkungsgeflecht entkräftet. Die möglichen Aussagen über die Verhältnisse im Netzwerk haben dadurch ein größeres Gewicht.

Die Methoden der Netzwerkanalyse und Einflussmatrix zeigen Eigenschaften der Elemente wie Zentralität, Aktivität, Reaktivität, Kritikalität und Trägheit. Diese Attribute sind in Abhängigkeit ihrer Position in der Struktur des Geflechts begründet und liefern sinnvolle Ergebnisse. Das lässt sich anhand der Korrelation der Ergebnisse mit der schon vorher über die Datengrundlage bestimmten Rolle der Ursache, der Auswirkung und des Ziels nachweisen. Die Netzwerkanalyse und Einflussmatrix sagen jedoch nichts über das mögliche Verhalten des Geflechts aus. Aus diesem Grund ist das Geflecht zunächst auf die Anwesenheit von Rückkopplungen und Systemarchetypen hin überprüft worden. Die Archetypen charakterisieren das Systemverhalten, sind jedoch aufgrund fehlender Rückkopplungen im betrachteten Fall nicht vorhanden. In einem System ohne Rückkopplungen fließt die Informationen linear. Die Ursachen dienen als Quellen der Risikoinformation, die sich über die Auswirkungen verteilt bis diese die Senken, die Nachhaltigkeitsziele, des Systems erreichen. Dieses Verhalten der Risikoinformationsverbreitung gilt für alle Ursachen und ist nur anhand eines wesentlichen Beispiels konkret aufgezeigt worden. Von einem konkreten Aufzeigen des Verhaltens des gesamten Geflechts wurde in dieser Ausarbeitung abgesehen, da eine solche Untersuchung den Rahmen sprengen würde.

Die Frage der nicht existenten Beziehungen beschäftigt Netzwerktheoretiker. Dieser Frage wird jedoch in der kybernetischen Systemtheorie wenig Bedeutung beigemessen. Netzwerkanalytisch sind deshalb strukturelle Löcher von Bedeutung

und können je nach Betrachtung relevanter sein als die existenten Beziehungen selbst. Das entspricht dem kritischen Bezug von Burts „Structural Holes“ (1992) auf Granovetters „The Strength of Weak Ties“ (1973). In einem Netzwerk mit gleichartigen Elementen, wie es in der Soziologie üblich ist, ist eine solche Betrachtung relevant, da sie zur zusätzlichen Charakterisierung der Elemente beiträgt. Im vorliegenden Fall ist die Frage nach den nicht vorhandenen Beziehungen jedoch kaum zielführend, da die vorliegenden Elemente nicht gleichartig sind und diese Betrachtung nicht zu einer weiteren Charakterisierung der Elemente führt. Ungleichartige Elemente können nicht zu allen anderen Elementen eine logische Beziehung aufbauen. Die Frage nach dem Grund existenter oder nicht existenter Beziehungen wird außerdem in der Modellierungsphase eines Systems gestellt und greift somit einer Netzwerkanalyse vor.

Beziehungen können nicht allein durch Quantität charakterisiert werden, ihre Qualität spielt eine wesentlichere Rolle. Aus diesem Grund können „gute“ Beziehungen auch über Distanz und über längere Zeit der „Funkstille“ existieren. Knoten, die etwa hundertmal einen Informationsaustausch vorweisen, stehen dadurch nicht in einem engeren Verhältnis zueinander als Knoten, die über die gleiche Zeitspanne nur einmal Kontakt haben. Aus diesem Grund muss nicht nur die Häufigkeit, sondern auch eine Einschätzung des Inhalts der Beziehung im Vorfeld geklärt werden. Unter Berücksichtigung des Inhalts einer Relation können deshalb erst treffende Aussagen getätigt werden. Im vorliegenden Fall lässt sich die Bewertung der Qualität der Beziehungen mit der Risikohöhe bewerkstelligen, da W einer Häufigkeit und A einer Stärke gleich kommt. Vor diesem Hintergrund sind die getroffenen Aussagen über die Relationen der Elemente passend.

Eine weitere Problematik stellt die Dynamik des Geflechts dar. Beziehungen können nicht immer sinnvoll als statisch angenommen werden. Die Annahme von statischen Verhältnissen kann zum Verlust der Signifikanz der möglichen Schlussfolgerungen über ein Geflecht führen. Dieses trifft vor allem zu, wenn es sich bei den Relationen im Geflecht um keine Kausalitäten handelt. Im vorliegenden Fall sind es zwar kausale Beziehungen, dennoch ist es vorstellbar, dass sich diese Beziehungen in ihrer Stärke mit der Zeit nicht nur ändern, sondern auch wegfallen und neue gebildet werden können. Die vorgestellten Maßzahlen der Netzwerkanalyse und die hier durchgeführte systemisch-kybernetische Analyse

können mit einer solchen Dynamik nicht umgehen. Die Methoden der Netzwerkanalyse und der Einflussmatrix können nur mit einer statischen Annahme über die Quantität der Relationen umgehen. Vor diesem Hintergrund konnte die Dynamik des Geflechts in der vorliegenden Untersuchung nicht hinreichend berücksichtigt werden. Möglichkeiten der Berücksichtigung werden beispielsweise im Handbuch der Netzwerkforschung (vgl. Stegbauer & Häußling, 2010, S. 205 ff.) beschrieben. Eine weitere Möglichkeit ist die Durchführung von Simulationen mit System Dynamics.

Die Frage nach der Dynamik steht oft im Zusammenhang mit der Aussagekraft und Robustheit der Ergebnisse, die sensibel auf Veränderungen im Geflecht reagieren können. Um diese Problematik zu umgehen und allgemeinere Aussagen über die Ergebnisse zu erzielen, ist die Annahme über die Statik der quantitativen und die Dynamik der qualitativen Beziehungen getroffen worden. Aus diesem Grund wurde zunächst eine Analyse mit einem binären und statischen Beziehungsgeflecht durchgeführt. Basierend darauf wurden die dynamischen Gewichtungen der Beziehungen durch die Risikohöhen berücksichtigt.

Es stellt sich außerdem die Frage, woher die Sicherheit gewonnen werden kann, dass die analysierten Beziehungen und deren Risikohöhen noch aktuell und gültig sind. Diese Frage zielt darauf ab, das Vorliegen der notwendigen und richtigen Daten für eine Extrapolation für die Zukunft aus vergangenen Daten zu hinterfragen. Holzer (2006; S. 13) nennt Vertrauen als das Schlüsselkriterium, mit dem aus bekannten Informationen Annahmen für eine ungewisse Zukunft hergestellt werden können. Dieses Vertrauen wird in dieser Arbeit vorausgesetzt. Allgemein wird deutlich, dass die Qualität und Aufbereitung der Datengrundlage für die Bildung eines Modells und damit schlussendlich für die Modellierung und die Gewinnung von Resultaten entscheidend ist.

Unter Beachtung der genannten Beschränkungen aufgrund der zugrundeliegenden Theorie der Methoden sowie des Aufbaus der Datengrundlage sind die gewonnen Ergebnisse für die betrachteten Geflechte valide. Die Ergebnisse sind nicht allgemein gültig und bedürfen einer kontextualisierten Anpassung im Falle einer Übertragung auf andere Wirkungsgefüge.

5.3. Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektverbundes „Nachhaltigkeitscontrolling siedlungswasserwirtschaftlicher Systeme - Risikoprofil und Steuerungsinstrumente“ (NaCoSi) beteiligen sich elf Wasserwirtschaftsunternehmen und sechs Forschungspartner an der Entwicklung eines geeigneten Nachhaltigkeitscontrollings im Sinne eines Asset Risk Managements zur nachhaltigen Entwicklung, um den an sie gestellten Herausforderungen gerecht werden zu können. In diesem Projekt werden deshalb die Risikosituationen der beteiligten Unternehmen untersucht. Angelehnt an das Projekt NaCoSi untersucht diese Masterthesis, die von den Projektpartnern identifizierten Risiken und gewählten Nachhaltigkeitsziele unter Berücksichtigung ihrer Beziehung zueinander. Die Datengrundlage bildet konkret Wirkungspfade bestehend aus den Elementen Ursache, Auswirkung und Ziel. Die Beziehungen zwischen den Elementen sind als Risikohöhen definiert. Für diese Risikohöhen hat jedes Unternehmen zusätzlich eine individuelle Einschätzung vorgenommen. Die Wirkungspfade wurden für die weiteren Analysen zu einem Wirkungsgeflecht erweitert, welches die Grundlage für das Wasserversorgungs- und das Abwasserbeseitigungsmodell bildet. Für die Analyse dieses Geflechts wurden eine Netzwerkanalyse, die Einflussmatrix und ein qualitatives System Dynamics als Untersuchungsmethoden gewählt. In dieser Arbeit wurde der Geflechszustand determiniert und die Elemente charakterisiert. Darüber hinaus wurde die Eignung der Methoden überprüft, welche Risiken als Auswirkungen von nicht-linearen, nicht-monokausalen interdependenten Ursache-Wirkungsbeziehungen berücksichtigen. Mit Hilfe der gewählten Methoden wurden Ansatzpunkte zur Risikobekämpfung aufgezeigt. Hierfür wurden die genannten Modelle mit den Zentralitätskonzepten Degree, Closeness sowie Betweenness und der Einflussmatrix auf die Eigenschaften der Elemente hin untersucht. Die Methoden der Netzwerkanalyse basieren auf dem Konzept des strukturellen Konstruktivismus und die Einflussmatrix auf dem Konzept der inhärenten Eigenschaften. Der strukturelle Konstruktivismus sagt aus, dass sich Elemente und deren Beziehungen wechselseitig konstituieren. Die inhärenten Eigenschaften sind innewohnende Attribute, die einem Element unter Berücksichtigung seiner Einbettung zugeschrieben werden. Beide Konzepte verdeutlichen jeweils die Relevanz der Elemente im Hinblick auf das Wechselspiel der Beeinflussung zwischen den

Elementen und ihrer relationalen Position im Geflecht. Aus diesem Grund zeigen beide Methoden die Wichtigkeit bestimmter Elemente unter verschiedenen Blickwinkeln auf, sodass sich daraus ihre Funktion im Geflecht erschließen lässt. Die jeweiligen Funktionen stellen die Möglichkeiten der Einflussnahme auf das Geflecht durch Einwirkung auf bestimmte Elemente dar. Die Netzwerkanalyse basiert auf den binären Daten und nutzt die Gewichtung mit der Risikohöhe als Ergänzung. Im Vergleich dazu wird die Untersuchung der Einflussmatrix mit binären und gewichteten Risikobeziehungen durchgeführt. Diese differenzierte Untersuchung hat die Absicht, die inhärenten Eigenschaften der Elemente zur Geltung kommen zu lassen und zu untersuchen. Diese Eigenschaften gehen jedoch aus den vorliegenden Ergebnissen für die Einflussmatrix nicht hervor. Die Analysen anhand der binären Daten zielen auf die Berücksichtigung der statischen quantitativen und der dynamischen qualitativen Beziehungen ab. Diese Berücksichtigung soll zu einer allgemeineren Aussage über den Geflechtzustand und den Elementen beitragen. Davon unabhängig wurden mithilfe der Methoden einerseits Angriffspunkte zur Risikoreduktion und andererseits die durch Risiken am stärksten gefährdeten Ziele erkannt. Mit diesen Ergebnissen lassen sich bereits Strategien zur Risikoreduktion oder –eliminierung ableiten beziehungsweise der Mitigation oder Adaptation. Die Kategorisierung der Elemente mithilfe der Methoden liefert jedoch keine Aussage über das Zusammenwirken der Elemente und das Geflechtsverhalten. Charakteristisch für das Verhalten sind Rückkopplungen im Geflecht. Vor diesem Hintergrund wurde das relationale Geflecht auf Rückkopplungen hin untersucht. Diese Analyse ergibt, dass keine Rückkopplungen vorhanden sind. Die Risikoinformation fließt deshalb aus den Ursachen über Auswirkungen weitestgehend linear in die Ziele ein. Die Nachhaltigkeitsziele fungieren somit als Senke des Beziehungsgeflechts. Dieses Flussverhalten der Information bei Einwirkung auf eine Ursache wurde exemplarisch aufgezeigt. Das Gesamtverhalten des Geflechts mitsamt seiner Dynamik konnte, aufgrund ihres Umfangs, nicht in dieser Ausarbeitung analysiert werden. Diese Art der Untersuchung ist jedoch entscheidend und gibt einen besseren Einblick auf die Auswirkung der Manipulation oder Einleitung einer Maßnahme an einem Element.

Zusammenfassend können die gewählten Methoden Einblicke über die Relevanz der Elemente gewähren und die Risikosituation der Nachhaltigkeitsziele einschätzen.

5.4. Fazit

Werden Risiken als Beziehungen zwischen Elementen modelliert, so lassen sich mit den gewählten Methoden die Abweichungen der Nachhaltigkeitsziele abbilden und einschätzen. Die Darstellung des Wirkungsgeflechts mittels eines Graphen erlaubt das visuelle Erkennen und das Abbilden der Interdependenzen. Die Beachtung dieser Interdependenzen bildet die Grundannahme – die Überwindung von monokausalem und linearem Denken - der vorliegenden Risikountersuchung. Allerdings lässt sich der hohe Grad an Linearität der Datengrundlage, sprich die Wirkungspfade, nur teilweise abschwächen. Im Falle einer anders gestalteten Datengrundlage kann jedoch die Zunahme an Komplexität und die fehlende Vereinheitlichung der Daten zu Widersprüchen in der Datengrundlage führen. Im Gegensatz dazu ermöglichen die Wirkungspfade eine Konsistenz der kausalen Beziehungen und ihrer Begründungslogik. Trotz dieser Problematik konnte die Modellierung aus den Wirkungspfaden wichtige Erkenntnisse über das Wirkungsgeflecht liefern.

Für die Analyse des Wirkungsgefüges sind Methoden gewählt worden, die dieses mitsamt der vorherrschenden Interdependenzen berücksichtigen können. Neuartig ist hierbei die Anwendung einer Netzwerkanalyse auf eine Risikoanalyse. Die Graphentheorie, die das mathematische Grundgerüst der Netzwerkanalyse bildet, erlaubt die Übertragung einer sozialwissenschaftliche Methode auf die vorliegende Problemstellung. Das Verständnis der Netzwerkmetriken sowie ihre Beziehungen sind auf das vorliegende Problem größtenteils einfach zu „übersetzen“. Die Anwendung der Netzwerkanalyse liefert wichtige Erkenntnisse über das Geflecht. Sie beweist, dass die Methode geeignet für die Charakterisierung der Elemente ist. Die Methode der Einflussmatrix wurde ausgewählt, da diese auf einem Systemverständnis aufbaut. Dieses entspricht der Vorgehensweise der Bildung von Wirkungspfaden als Datengrundlage. Die Anwendung dieser Methode sollte aufzeigen, inwiefern Parallelen oder Differenzen zu den Netzwerkanalysemetriken vorhanden sind. Nicht zuletzt sollte geklärt werden, ob nicht eine systemisch-kybernetische Methode passender für die vorliegende Datengrundlage ist. Darüber

hinaus wurden die Modelle auf das Vorhandensein der inhärenten Eigenschaften überprüft. Diese konnten jedoch mit den durchgeführten Analysen der Einflussmatrix nicht nachgewiesen werden. Theoretisch erscheint jedoch die Annahme über deren Existenz plausibel, sind sie doch von Vester empirisch nachgewiesen worden.

Die Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede der gewählten Methoden wurden erkannt und dargestellt. Beide Methoden beleuchten die Datengrundlage im Hinblick auf die zu kategorisierenden Elemente und sind geeignet für das Bestimmen relevanter Elemente im Wirkungsgeflecht. Zwar können neue Erkenntnisse durch Kombination der Methoden hinzu gewonnen werden, der Nutzen ist jedoch aufgrund des Mehraufwands fraglich. Im Vergleich zwischen den Methoden, erscheint die Netzwerkanalyse für die vorliegenden Daten aussagekräftiger. Diese Methode kann die Ursachen und Ziele genauer einstufen. Die Einflussmatrix liefert im Zusammenhang mit dieser Datengrundlage hauptsächlich nur neue Erkenntnisse über die Auswirkungen im Geflecht. Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen den Vorzug der Anwendung einer Netzwerkanalyse.

Im Allgemeinen sind nach der Analyse mit den Methoden die Nachhaltigkeitsziele „Prozessqualität“ sowie „Erschwinglichkeit“ am stärksten gefährdet. Das größte Risikopotential im Trinkwasserversorgungssystem geht von der Ursache „Trinkwasserverbrauch -“ aus. Im Abwasserbeseitigungssystem geht dagegen das größte Risikopotential von den Ursachen „Änderung der Rechtslage“ und „Zunahme der Ablagerungen im Kanal“. Die beschränkte Aussagekraft dieser Ergebnisse ist aufgrund des hier vorherrschenden Modells zu beachten. Vor diesem Hintergrund sind die allgemeinen Erkenntnisse der Untersuchungen vorrangig.

Das Verhalten des gesamten Geflechts kann keine der beiden angewandten Methoden hinreichend beschreiben. Aus diesem Grund wurde auf den Ansatz des qualitativen System Dynamics zurückgegriffen. Zunächst liegt es nahe, das System auf Rückkopplungen hin zu untersuchen, da diese das Geflechtsverhalten charakterisieren. Ergebnis dieser Untersuchung ist jedoch, dass die betrachteten Modelle der Abwasserbeseitigung sowie der Trinkwasserversorgung keine Rückkopplungen bilden. Vor diesem Hintergrund kann das System weder eskalieren noch sich stabilisieren. Die Ausbreitung der Risikoinformation fließt weitestgehend von der Quelle bis hin zur Senke des Systems linear. Dieses ist

exemplarisch gezeigt worden. Einerseits bedeutet ein derartig linearer Informationsfluss, dass die äußere Einwirkung auf das Geflecht kein kompliziertes Verhalten auslösen kann, welches für die Risikobekämpfung von großem Vorteil ist. Andererseits ist ein Modell ohne Rückkopplungen auffällig, da natürliche Systeme in der Regel Rückkopplungen aufweisen. Das Verstehen des gesamten Systemverhaltens ist jedoch entscheidend für ein effektives und gezieltes Einleiten von Maßnahmen und sollte daher, wenn auch nur qualitativ, vollständig eingeschätzt werden.

Für die Risikobetrachtung und das Verständnis des individuellen Verhaltens sowie des Zusammenspiels der Elemente in einem Wirkungsgefüge führen die verwendeten Methoden zu einem entscheidenden Erkenntnisgewinn. Ihr Einsatz ist somit für die Bekämpfung der Risikoursachen oder für die Adaptation und/oder Mitigation ihrer Auswirkungen auf die Nachhaltigkeitsziele zu empfehlen. Zwar können die gewonnen Erkenntnisse über die Anwendung der gewählten Methoden übertragen werden, dennoch sind die gebildeten Modelle stark spezifisch. Diese Modelle bedürfen einer Anpassung, um diese auf ähnliche Problemstellungen übertragen zu können. Unter Abschnitt 5.2 wurde auf die Validität der Untersuchungen eingegangen, welche für die Resultate dieser Arbeit als gegeben erachtet werden. Letztendlich können die Ergebnisse einer solchen Untersuchung letztendlich nur durch Anwendung und Evaluierung bestätigt werden.

5.5. Forschungsausblick

Im Laufe dieser Ausarbeitung ergeben sich die folgenden Forschungsfragen.

Das Fehlen jeglicher Rückkopplungskreise wirft die Frage auf, inwiefern das Modell die Realität hinreichend abbildet. Dieser Umstand kann aber nicht allein auf die Beschränkung der Analyse auf die bewerteten und signifikanten Wirkungspfade zurückgeführt werden. Vielmehr liegt es an der Konzeption der Datengrundlage, die eine geeignete Reduktion an Komplexität zu erreichen versucht. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob anstatt einer Risikohöhe für den Gesamtwirkungspfad nicht eine Bewertung der einzelnen Teilpfade geeigneter ist. Eine Evaluierung der gebildeten Wirkungspfade ist aus diesen Gründen zu empfehlen.

Eine weitere Frage ist, wie ein Modell definiert werden kann in welchem die Risiken die Elemente des Systems bilden. Von der Begründungslogik abgesehen,

stellt sich die Frage nach der Art der Beziehungen zwischen den Risiken. Ziel einer solchen Untersuchung ist zum Beispiel die Betrachtung von bedingten Risiken, die nur in Zusammenhang mit anderen verstärkt auftreten oder nicht auftreten.

Eine Untersuchung mit einem Modell, welches die Relationen der Elemente als Eintrittswahrscheinlichkeit und als Schadensausmaß darstellt, ist als Ergänzung der jetzigen Analyse möglich. Relevante Elemente können dadurch unter beiden Beziehungsarten aufgezeigt werden. Das ist wichtig, da eine Risikohöhe eine Reduktion der Information des Schadensausmaßes und der Eintrittswahrscheinlichkeit darstellt. Eine Risikohöhe von zehn lässt nicht mehr erkennen, ob die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder das Schadensausmaß hoch ist. Daraus lassen sich andere Handlungsoptionen für die Risikobekämpfung ableiten.

In der Diskussion der Ergebnisse wurde die mögliche Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Closeness-Analyse und der Elemente, die in hoch bewerteten Risikobeziehungen stehen, thematisiert. Ein Beispiel hierfür ist das Element „Anschlussgrad –, des Abwasserbeseitigungssystem, welches das zweit höchste Outcloseness aufweist und in keiner hoch bewerteten Beziehung steht. An solchen Elementen kann eine Überprüfung hinsichtlich der Rechtfertigung der Bewertung ihrer Beziehungen durchgeführt werden. Dies kann den Unternehmen als Evaluation ihrer eigenen Einschätzungen dienen.

Die inhärenten Eigenschaften und ihre Existenz können weiter untersucht werden. Ein erster Ansatz ist das Auffinden eines geeigneten P-Grenzwerts.

Eine weitere Ergänzungsmöglichkeit bietet die Betrachtung eines dynamisches Netzwerks oder eines quantitativen System Dynamics. Die Anwendung einer solchen Methode führt, wie dargestellt, zu einem hohen Arbeitsaufwand. Dieser Aufwand kann die Anwendung selbst aufgrund der geringen Aussicht einer Übertragung in die Praxis relativieren. Die Ausbildung von Szenarien zur besseren Einschätzung von Veränderungen des Systems durch Einwirkungen ist jedoch allein mittels einer semiquantitativen System Dynamics möglich. Gleichzeitig sind diese als Grundlage für die Bildung der Planspiele dienlich.

Die Frage, wie die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse in das Nachhaltigkeitscontrolling einzugliedern sind, bleibt einer weiteren Untersuchung vorbehalten.

Literaturverzeichnis

- Aderhold, J., & Jutzi, K. (2003).** Theorie sozialer Systeme. In E. Weik, & R. Lang, *Moderne Organisationstheorien 2 - Strukturorientierte Ansätze* (S. 121-151). Wiesbaden: Gabler.
- Aldous, J. M., & Wilson, R. J. (2004).** *Graphs and Applications - An Introductory Approach*. London: Springer.
- Aristoteles. (2009).** *Aristoteles' Metaphysik. Bücher VII-XIV*. Frankfurt/Main: Meiner.
- Balkundi, P., & Harrison, D. A. (2006).** Ties, Leaders, and Time in Teams: Strong Inference About Network Structure's Effects on Team Viability and Performance. *Academy of Management Journal*, 49(1), S. 49-68.
- Bandow, G., & Holzmüller, H. H. (2010).** „Das ist gar kein Modell!“ - *Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften*. Dortmund: Gabler.
- Becker, E. (2012).** Nachhaltige Wissensprozesse. Von der klassischen Idee der Universität zur vorsorgenden Wissenschaft. In H. Egner, & M. Schmid, *Jenseits traditioneller Wissenschaft? Zur Rolle von Wissenschaft in einer vorsorgenden Gesellschaft* (S. 29-48). München: Oekom.
- Bittl, A., Helten, E., & Liebwein, P. (2000).** Versicherung von Risiken. In D. Dörner, P. Horvath, & H. Kagermann, *Praxis des Risikomanagements - Grundlagen Kategorien branchenspezifische und strukturelle Aspekte* (S. 153-191). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Boyd, N. G., & Taylor, R. R. (1998).** A Developmental Approach to the Examination of Friendship in Leader-Follower Relationships. In *Leadership Quarterly* 9, S. 1-25.
- Brand, F. (2013).** *Komplexe Systeme - Neue Ansätze und zahlreiche Beispiele*. München: Oldenbourg Verlag.
- Brandes, U., & Erlebach, T. (2005).** *Network Analysis - Methodological Foundations*. Berlin: Springer.
- Brauweiler, H.-C. (2015).** *Risikomanagement in Unternehmen - Ein grundlegender Überblick für die Management-Praxis*. Zwickau: Springer Gabler.
- Brundtland, G. H. (1987).** *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Von UN Documents: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm> am 10.04.2015 abgerufen.
- Burt, R. S. (1992).** *Structural holes. The social structure of competition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Carrington, P. J., Scott, J., & Wasserman, S. (2005).** *Models and Methods in Social Network Analysis*. New York: Cambridge University Press.
- COSO. (2004).** *Enterprise Risk Management - Integrated Framework*. AICPA.
- Cross, R., & Cummings, J. N. (2003).** Structural Properties of Work Groups and Their Consequences for Performance. In *Social Networks*, 25(3), S. 197-210.

- Cross, R., & Cummings, J. N. (2004).** Tie and Network Correlates of Individual Performance in knowledge intensive work. In *Academy of Management Journal*, 47(6), S. 928-937.
- Deutsche Gesellschaft für Risikomanagement e.V. (2008).** *Risikoaggregation in der Praxis - Beispiele und Verfahren aus dem Risikomanagement von Unternehmen*. Frankfurt am Main: Springer.
- Dohmann, M., Eikmann, T., Jänicke, M., Lübke-Wolff, G., Michaelis, P., Ott, K., & von Haaren, C. (2002).** *Umweltgutachten 2002 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Für eine neue Vorreiterrolle*. Wiesbaden.
- Duden Bibliographisches Institut GmbH. (2015).** *Duden.de*. Von Duden: <http://www.duden.de> am 27.03.2015 abgerufen
- Ebert, C. (2013).** *Risikomanagement kompakt - Risiken und Unsicherheiten bewerten und beherrschen*. Rom: Springer Vieweg.
- Eller, M., & Perz, A. (unveröffentlicht).** *Wirkungspfadelemente – Definitionen*.
- Eller, M., Geyler, S., Jansky, N., Kerber, H., Lux, A., Möller, K., . . . Tocha, C. (2014).** *Nachhaltigkeitsziele und Risiken für siedlungswasserwirtschaftliche Unternehmen - Erste Bausteine für ein Nachhaltigkeitscontrolling*. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH.
- Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages. (1993).** *Schutz des Menschen und der Umwelt*.
- Forrester, J. W. (1977).** *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press.
- Förstner, U. (2008).** *Umweltschutztechnik*. Hamburg: Springer.
- Freeman, L. C. (1978).** Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. In *Social Networks I*, S. 215-239.
- Gloor, P. A., Oster, D., Raz, O., Pentland, A., & Schoder, D. (2010).** The Virtual Mirror - Reflecting on the Social and Psychological Self to Increase Organizational Creativity. In *International Studies of Management & Organization Vol. 40, Issue 2*, S. 74-94.
- Goodwin, J., & Emirbayer, M. (Mai 1994).** Network Analysis, Culture, and the Problem of Agency. In *American Journal of Sociology*, S. 1411-1465.
- Grambow, M. (2012).** *Nachhaltige Wasserbewirtschaftung - Konzept und Umsetzung eines vernünftigen Umgangs mit dem Gemeingut Wasser*. München: Springer Vieweg.
- Granovetter, M. (Mai 1973).** The Strength of Weak Ties. In *The American Journal of Sociology*. Vol. 78. Issue 6, S. 1360-1380.
- Granovetter, M. (November 1985).** Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. In *The American Journal of Sociology*. Vol. 91. Issue 91, S. 481-510.
- Gröticke, I. (2013).** *Einsatz von System Dynamics zur Modellierung des globalen Kupfersystems - Das Modell SysCu*. Gießen: unveröffentlicht.
- Gujer, W. (2007).** *Siedlungswasserwirtschaft*. Zürich: Springer.

- Hachtel, G., & Holzbaur, U. (2010).** *Management für Ingenieure - Technisches Management für Ingenieure in Produktion und Logistik*. Aalen: Vieweg+Teubner.
- Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2005).** Introduction to Social Network Methods. Riverside, California, USA. Von Sociology Department at the University of California: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/> am 05.05.2015 abgerufen.
- Harel, D., & Koren, Y. (2001).** A Fast Multi-Scale Method for Drawing Large Graphs. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Graph Drawing*, S. 183-196.
- Hasenmüller, M.-P. (2013).** *Herausforderungen im Nachhaltigkeitsmanagement - Der Beitrag der Pfadforschung zur Erklärung von Implementationsbarrieren*. Lüneburg: Springer Gabler.
- Häußling, R. (2009).** *Grenzen von Netzwerken*. Wiesbaden: VS.
- Holzer, B. (2006).** *Netzwerke*. Bielefeld: Transcript.
- Holzheu, F., & Wiedemann, P. M. (1993).** Perspektiven in der Risikowahrnehmung. In Bayerische Rück. In *Risiko ist ein Konstrukt - Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung* (S. 9-19). München: Knesebeck.
- Hüttel, R. F., & Bens, O. (2012).** *Georessource Wasser – Herausforderung Globaler Wandel. Beiträge zu einer integrierten Wasserressourcenbewirtschaftung in Deutschland*. Heidelberg: Springer.
- ICWE. (26-31. Januar 1992).** *The Dublin Statement on Water and Sustainable Development*. Von International Conference on Water and Environment: <http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/documents/english/icwedece.html> am 20.04.2015 abgerufen.
- ISO 31000:2009-11. (2009).** Risk management – Principles and guidelines (ISO 31000:2009).
- Jahn, T. (2012).** Theorie(n) der Nachhaltigkeit? Überlegungen zum Grundverständnis einer „Nachhaltigkeitswissenschaft“. In J. Enders, & M. Remig, *Perspektiven nachhaltiger Entwicklung. Theorien am Scheideweg* (S. 47-64). Marburg: Metropolis.
- Jansen, D. (2006).** *Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele*. Speyer: VS.
- Jörissen, J., Kopfmüller, J., Brandl, V., & Paetau, M. (Juni 2000).** Ein integratives Konzept nachhaltiger Entwicklung. In *TATuP - Zeitschrift des ITAS zur Technikfolgeabschätzung* Nr. 2, 9. Jahrgang, S. 35-42.
- Junge, P. (2012).** *BWL für Ingenieure - Grundlagen – Fallbeispiele – Übungsaufgaben*. München: Springer Gabler.
- Kahlenborn, W., & Kraemer, R. A. (1999).** *Nachhaltige Wasserwirtschaft in Deutschland*. Berlin: Springer.
- Kapmeier, F. (1999).** *Vom systemischen Denken zur Methode System Dynamics*. Stuttgart: unveröffentlicht.

- Kim, P.-J., & Jeong, H. (Februar 2007).** Reliability of Rank Order in Sampled Networks. In *The European Physical Journal B*, S. 109-114.
- Kneer, G., & Nassehi, A. (1993).** *Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme: Eine Einführung*. München: Fink-Verlag (UTB).
- Lehn, H., Renn, O., & Steiner, M. (1999).** Nachhaltiger Umgang mit Gewässern. Ökologische, ökonomische und soziale Zieldimensionen der Agenda 21. In *GWF Wasser Abwasser 140 Nr. 13*, S. 14-20.
- Luhmann, N. (1991).** *Soziale Systeme - Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Luhmann, N. (1997).** *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Meadows, D. (1972).** *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*. Deutsche Verlags-Anstalt.
- Raz, O., & Gloor, P. (2007).** Size Really Matters - New Insights for Startup's Survival. In *Management Science*, 53(2), S. 169-177.
- Reagans., R., & Zuckerman, E. (2001).** Networks, Diversity, and Productivity: The Social Capital of Corporate R&D Teams. In *Organization Science*, 12(4), S. 502-517.
- Reichling, P., Bietke, D., & Henne, A. (2007).** *Praxishandbuch Risikomanagement und Rating - Ein Leitfadens*. Magdeburg: Gabler.
- Roski, R. (1986).** *Einsatz von Aggregaten – Modellierung und Planung*. Berlin: Duncker und Humblot.
- Schoeneberg, K.-P. (2014).** *Komplexitätsmanagement in Unternehmen - Herausforderungen im Umgang mit Dynamik, Unsicherheit und Komplexität meistern*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Schwab, A. J. (2014).** *Managementwissen für Ingenieure - Wie funktionieren Unternehmen?* Karlsruhe: Springer Vieweg.
- Scott, J. (2000).** *Social Network Analysis - A Handbook*. London: Sage.
- Senge, P. M. (1994).** *The Fifth Discipline - The Art and Practice of the Learning Organization*. New York: Currency Doubleday.
- Sparrowe, R. T., Liden, R. C., Wayne, S. J., & Kraimer, M. L. (April 2001).** Social Networks and the Performance of Individuals and Groups. In *The Academy of Management Journal Vol. 44, No. 2*, S. 316-325.
- Stegbauer, C. (2010).** *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie - Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften*. Wiesbaden: VS.
- Stegbauer, C., & Häußling, R. (2010).** *Handbuch Netzwerkforschung*. Wiesbaden: VS.
- Strohmeier, G. (2007).** *Ganzheitliches Risikomanagement in Industriebetrieben - Grundlagen, Gestaltungsmodell und praktische Anwendung*. Leoben: Deutscher Universitäts-Verlag.

- Tauchmann, H., Hafkesbrink, J., Nisipeanu, P., Thomzik, M., Bäumer, A., Brauer, A., . . . Schroll, M. (2006).** *Innovationen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft - Einflussfaktoren und Handlungsbedarf*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Trappmann, M., Hummell, H. J., & Sodeur, W. (2011).** *Strukturanalyse sozialer Netzwerke - Konzepte, Modelle, Methoden*. Duisburg und Nürnberg: VS.
- UN-Water. (26. März 2013).** *Water Security & the Global Water Agenda*. Von United Nations University: <http://unu.edu/publications/policy-briefs/water-security-the-global-water-agenda.html> am 02.04.2015 abgerufen.
- Varela, F. G., Maturana, H. R., & Uribe, R. (Mai 1974).** Autopoiesis: The Organization of Living Systems, Its Characterization and a Model. In *Biosystems. Vol. 5. Issue 4*, S. 187-196.
- Vester, F. (2000).** *Die Kunst vernetzt zu denken - Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität*. Stuttgart: DTV.
- Wagner, R. (2002).** *Vermittlung systemwissenschaftlicher Grundkonzepte*. Graz: unveröffentlicht.
- Wagner, R. (2004).** *Stock-Flow-Thinking und Bathtub Dynamics - Eine Theorie von Bestands- und Flussgrößen*. Klagenfurt: unveröffentlicht.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994).** *Social Network Analysis - Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- White, H. C. (1995).** Network Switchings and Bayesian Forks: Reconstructing the Social and Behavioral Sciences. In *Social Research* 62/4, S. 1035-1063.
- White, H. C. (2005).** *Identity and Control. A Structural Theory of social Action*. Princeton: Princeton University Press.
- Wiener, N. (1961).** *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal*. Cambridge: The M.I.T. Press.
- Williams, E., Charleson, P., Deasley, N., Kind, V., MacLeod, C., Mathieson, S., & McRoy, E. (2003).** Can Environmental Regulation Ever Be Sustainable? *ERP Environment, 9th International Sustainable Development Research Conference*. Nottingham: ERP Environment.

Rechtsverzeichnis

Einführungsgesetz zum Aktiengesetz vom 6. September 1965 (BGBl. I S. 1185), das durch Artikel 4 des Gesetzes vom 24. April 2015 (BGBl. I S. 642) geändert worden ist.

EU: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.

Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich vom 27. April 1998.

Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 15. November 2014 (BGBl. I S. 1724) geändert worden ist.

Anhang

A Elemente der Modelle

Elemente des Trinkwasserversorgungssystems					
Lauf nr.	Ursache	Lauf nr.	Auswirkung	Lauf nr.	Ziel
105	Änderung der Rechtslage	200	absolute Kosten +	300	Akzeptanz
109	demografischer Wandel +	201	Abprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	301	Erschwinglichkeit
112	Energiepreise +	203	Akzeptanzverlust in der Öffentlichkeit	302	Innovationsfähigkeit
113	Energieverbrauch +	204	Altersstruktur	303	Kompetenzpotential
115	fehlende integrierte Planung	205	Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	206	Arbeitsplatzsicherheit -	306	Prozessqualität
120	Fortbildung zu wenig/ keine	207	Arbeitsunfälle +; Krankenstandstage +	307	Refinanzierbarkeit
121	Hochwasserereignisse +	211	betrieblicher Handlungsspielraum -	308	Ressourceneffizienz
125	Kapital -	216	Fachpersonal -	309	Robustheit
126	keine Gebührenanpassung	218	Fehlentscheidungen +; Fehlende Kompetenz	310	Steuerbarkeit
130	Outsourcing +	220	Investitionsbedarf +	312	Unternehmenskultur
133	Rohstoffpreise +	222	keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	314	Regionale Einbettung
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	223	Konflikte mit Stakeholdern +		
136	Siedlungsfläche +	224	Kontrollmöglichkeiten -		
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	225	Kosten > geplante Kosten		
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	230	Mitarbeiterunzufriedenheit (fehlende persönliche Entwicklung) +		
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -		
144	Düngemiteleinsetz +	234	Ressourcenverbrauch +		
145	Energieerzeugung über fossile Energieträger	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben		
146	Exfiltration (Eintrag von Abwasser in Wasserressource) +	242	Stromverbrauch +		
147	fehlendes Diversity Management	251	verfügbares Kapital -		
148	Fernwasserbezug +	256	Auslastung der Wasserverteilungsanlage -		

149 Grundwasserentnahme +	257 Auslastung Wasserentnahmerechte +	
150 Grundwasserneubildung -	258 Betriebswasserverluste +	
151 Leitungszustand -	259 chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	
152 Oberflächenwasserneubildungsrate (Seen, Talsperren) -	260 CO2-Emissionen am Kraftwerk +	
153 öffentliche Privatisierungsdebatte +	261 Druckverlust in Rohrleitungen	
154 regionale Zulieferer/ Dienstleister -	262 Durchflussschwankungen im Netz +; Druckschwankungen im Netz +	
155 Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource +	263 Einkauf regionaler Produkte/ DL -	
156 Schneeschmelze +	264 gefördertes Rohwasser +	
157 Trinkwassertemperatur +	265 Grundwasservolumen -	
158 Trinkwasserverbrauch -	266 ineffizienter Betriebspunkt Pumpe/ Rohr	
159 Trinkwasserverbrauch +	267 Kosten pro geliefertem m ³ Trinkwasser +	
160 Überdimensionierung Versorgungsnetz	268 langfristige Planung -	
161 Unkenntnis über Stromverbrauch	269 Mitarbeitermotivation -	
400 Unternehmensgröße -	270 Nitrat-Konzentration im Grundwasser +	
	271 nutzbares Oberflächenwasservolumen -	
	272 Regionale Wassernutzung -	
	273 Rohrleitungsdurchmesser (Korrosion) -	
	274 Schadstoffkonzentration Wasserdargebot +	
	275 Sediment- und Stoffkonzentration Wasserdargebot +	
	276 Stoffkonzentration Rohwasser +	
	277 Wasserstand in Gewinnungsanlage (Brunnen) -	
	400 Unternehmensgröße -	

Tabelle 59: Elemente des Modells für das Trinkwasserversorgungssystem

Elemente des Abwasserbeseitigungssystems				
Lauf nr.	Ursache	Lauf nr.	Auswirkung	Lauf nr. Ziel
100	Ablagerungen im Kanal +	200	absolute Kosten +	300 Akzeptanz
101	Abwasserabgabe +	201	Absprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	301 Erschwinglichkeit
102	Abwasserdurchfluss -	202	Abwasserentgelt +	302 Innovationsfähigkeit
103	Abwassermenge -	203	Akzeptanzverlust in der Öffentlichkeit	303 Kompetenzpotential
104	Abwassertemperatur im Winter -	204	Altersstruktur	304 Kostengerechtigkeit
105	Änderung der Rechtslage	205	Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	305 Leistungsqualität gegenüber den Kunden
106	Anschlussgrad -	206	Arbeitsplatzsicherheit -	306 Prozessqualität
107	Baukostenzuschüsse +	207	Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	307 Refinanzierbarkeit
108	biogene Schwefelsäure-Korrosion	208	Beeinträchtigung Abwasserableitung +	308 Ressourceneffizienz
109	demografischer Wandel +	209	Behandlungsstraße außer Betrieb	309 Robustheit
110	Einflussnahme des Kommunal-/ Rates	210	Belüftung stärker als nötig	310 Steuerbarkeit
111	Einsatz NASS +	211	betrieblicher Handlungsspielraum -	311 Umweltschutz
112	Energiepreise +	212	einheitliches Abwasserentgelt	312 Unternehmenskultur
113	Energieverbrauch +	213	Einsatz chemischer Stoffe zur Reduktion der Faulungsprozesse	313 Wirtschaftlichkeit
114	Erneuerungsrate < 1	214	Entwicklungspotenzial -	
115	fehlende integrierte Planung	215	Erneuerungsrate -	
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	216	Fachpersonal -	
117	fehlende Kompetenzen "Innovation & Recht"	217	falsche Weichenstellung bei Planungen	
118	fehlendes Wissensmanagement	218	Fehlentscheidungen +; Fehlende Kompetenz	
119	Finanzmittel -	219	Geruchsentwicklung +	
120	Fortbildung zu wenig/ keine	220	Investitionsbedarf +	
121	Hochwasserereignisse +	221	Kanalzustand -	
122	Kanalkapazitäten -	222	keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	
123	Kanalnetz Anteil ZK 0 und 1 +	223	Konflikte mit Stakeholdern +	
124	Kanalsanierung -	224	Kontrollmöglichkeiten -	
125	Kapital -	225	Kosten > geplante Kosten	
126	keine Gebührenanpassung	226	Kosten für Hochwasserschutz +	
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	227	Kündigungen +	

128	Mitarbeiterzahl -	228	Minderung Gefälle +	
129	Niederschlagswasser im Kanal +	229	Mischwasserentlastungsereignis +	
130	Outsourcing +	230	Mitarbeiterunzufriedenheit (fehlende persönliche Entwicklung) +	
131	rechtlich geforderte Neuinvestitionen +	231	neue Grenzwerte können mit aktueller Technik nicht mehr eingehalten werden	
132	Rekommunalisierung	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	
133	Rohstoffpreise +	233	Reparaturkosten +	
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	234	Ressourcenverbrauch +	
135	Rohstoffverbrauch +	235	Richtungsunsicherheit der Führungsebene & Mitarbeitende	
136	Siedlungsfläche +	236	Sanierungsstau	
137	Überdimensionierung Kanalnetz	237	Spülbedarf +	
138	Überflutung von Grundstücken +	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	239	Steigerung spezifischer Entgelte	
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	240	Stellenabbau/-umbesetzung +	
141	Verfügbarkeit Fachkräfte -	241	Stilllegung noch nicht abgeschriebener Anlagen	
142	Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft rechtlich limitiert/ untersagt	242	Stromverbrauch +	
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	243	Überlastung der verbliebenen Mitarbeiter	
400	Unternehmensgröße -	244	Überlastung Hochwasserentlastung	
		245	Überschreitung der gegebenen Grenzwerte	
		246	Überschwemmungen +	
		247	Umlagerung von Kosten auf im Gebiet verbleibende Bevölkerung (Quersubventionierung)	
		248	Veränderung Abwassermenge und Qualität	
		249	Veränderung strategische Planung	
		250	Verbrauch energetischer Ressourcen +	
		251	verfügbares Kapital -	

	252 Verfügbarkeit funktionstüchtiger Kanäle -	
	253 Verlust an Know-How/ Netzwerken	
	254 Zersetzung der Bausubstanz +	
	255 zu späte Reaktion auf sich ändernde Rechtslage	
	400 Unternehmensgröße -	

Tabelle 60: Elemente des Modells für das Abwasserbeseitigungssystem

B Risikobeziehungen und Risikohöhen

Risikobeziehungen Ursache - Auswirkung im Trinkwasserversorgungssystem				
Laufnr.	Ursache	Laufnr.	Auswirkung	Risiko (A) Risiko (B)
105	Änderung der Rechtslage	220	Investitionsbedarf +	7,5 12
105	Änderung der Rechtslage	225	Kosten > geplante Kosten	5 6,25
109	demografischer Wandel +	204	Altersstruktur	9 1
109	demografischer Wandel +	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	12 4
112	Energiepreise +	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	6 10
113	Energieverbrauch +	267	Kosten pro geliefertem m ³ Trinkwasser +	1 2
113	Energieverbrauch +	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	1 6
115	fehlende integrierte Planung	222	keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	9 2
115	fehlende integrierte Planung	225	Kosten > geplante Kosten	7,5 9
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	223	Konflikte mit Stakeholdern +	4 2
120	Fortbildung zu wenig/ keine	218	Fehlentscheidungen +; Fehlende Kompetenz	1 3
120	Fortbildung zu wenig/ keine	230	Mitarbeiterunzufriedenheit (fehlende persönliche Entwicklung) +	4 1
121	Hochwasserereignisse +	275	Sediment- und Stoffkonzentration Wasserdargebot +	6 10
125	Kapital -	201	Absprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	1 2
125	Kapital -	205	Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	9 20
126	keine Gebührenanpassung	251	verfügbares Kapital -	4 3
130	Outsourcing +	206	Arbeitsplatzsicherheit -	1 4
130	Outsourcing +	216	Fachpersonal -	4 20
130	Outsourcing +	224	Kontrollmöglichkeiten -	3 5
133	Rohstoffpreise +	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	6 10
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	234	Ressourcenverbrauch +	3 6
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	6 4

136	Siedlungsfläche +	200	absolute Kosten +	1	10
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	207	Arbeitsunfälle +; Krankenstandstage +	6	1
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	211	betrieblicher Handlungsspielraum -	4	5
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	203	Akzeptanzverlust in der Öffentlichkeit	6	1
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	206	Arbeitsplatzsicherheit -	5	4
144	Düngemitelesatz +	270	Nitrat-Konzentration im Grundwasser +	13	5
145	Energieerzeugung über fossile Energieträger	260	CO2-Emissionen am Kraftwerk +	9	2
146	Exfiltration (Eintrag von Abwasser in Wasserressource) +	259	chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	9	2
147	fehlendes Diversity Management	269	Mitarbeitermotivation -	4	1
148	Fernwasserbezug +	272	Regionale Wassernutzung -	1	8
149	Grundwasserentnahme +	265	Grundwasservolumen -	6	6
150	Grundwasserneubildung -	265	Grundwasservolumen -	7	8
150	Grundwasserneubildung -	277	Wasserstand in Gewinnungsanlage (Brunnen) -	5	8
151	Leitungszustand -	258	Betriebswasserverluste +	5	12
152	Oberflächenwasserneubildungsrate (Seen, Talsperren) -	271	nutzbares Oberflächenwasservolumen -	6	2
153	öffentliche Privatisierungsdebatte +	206	Arbeitsplatzsicherheit -	11	1
153	öffentliche Privatisierungsdebatte +	268	langfristige Planung -	1	3
154	regionale Zulieferer/ Dienstleister -	263	Einkauf regionaler Produkte/ DL -	4	2
155	Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource +	274	Schadstoffkonzentration Wasserdargebot +	9	2
155	Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource +	276	Stoffkonzentration Rohwasser +	9	2
156	Schneesmelze +	259	chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	9	2
157	Trinkwassertemperatur +	273	Rohrleitungsdurchmesser (Korrosion) -	4	2
158	Trinkwasserverbrauch -	256	Auslastung der Wasserverteilungsanlage -	1	2
158	Trinkwasserverbrauch -	266	ineffizienter Betriebspunkt Pumpe/ Rohr	2	2
158	Trinkwasserverbrauch -	267	Kosten pro geliefertem m³ Trinkwasser +	12	8
158	Trinkwasserverbrauch -	251	verfügbares Kapital -	9	3
159	Trinkwasserverbrauch +	257	Auslastung Wasserentnahmerechte +	1,5	7,5
159	Trinkwasserverbrauch +	262	Durchflussschwankungen im Netz +; Druckschwankungen im Netz +	1	2

159	Trinkwasserverbrauch +	264	gefördertes Rohwasser +	1	6
159	Trinkwasserverbrauch +	267	Kosten pro geliefertem m ³ Trinkwasser +	1	2
160	Überdimensionierung Versorgungsnetz	261	Druckverlust in Rohrleitungen	4	1
161	Unkenntnis über Stromverbrauch	242	Stromverbrauch +	4	2

Tabelle 61: Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Ursache und Auswirkung im Trinkwasserversorgungssystem

Risikobeziehungen Auswirkung - Ziel im Trinkwasserversorgungssystem					
Laufnr.	Auswirkung	Laufnr.	Ziel	Risiko (A)	Risiko (B)
200	absolute Kosten +	301	Erschwinglichkeit	1	10
201	Abprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	312	Unternehmenskultur	1	2
203	Akzeptanzverlust in der Öffentlichkeit	300	Akzeptanz	6	1
204	Altersstruktur	312	Unternehmenskultur	9	1
205	Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	302	Innovationsfähigkeit	9	20
206	Arbeitsplatzsicherheit -	312	Unternehmenskultur	13	7
206	Arbeitsplatzsicherheit -	303	Kompetenzpotential	4	2
207	Arbeitsunfälle +; Krankenstandstage +	312	Unternehmenskultur	6	1
211	betrieblicher Handlungsspielraum -	312	Unternehmenskultur	4	5
216	Fachpersonal -	303	Kompetenzpotential	10	24
218	Fehlentscheidungen +; Fehlende Kompetenz	310	Steuerbarkeit	1	3
220	Investitionsbedarf +	301	Erschwinglichkeit	7,5	12
222	keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	302	Innovationsfähigkeit	9	2
223	Konflikte mit Stakeholdern +	300	Akzeptanz	4	2
224	Kontrollmöglichkeiten -	310	Steuerbarkeit	3	5
225	Kosten > geplante Kosten	307	Refinanzierbarkeit	12,5	15,25
230	Mitarbeiterunzufriedenheit (fehlende persönliche Entwicklung) +	312	Unternehmenskultur	4	1
232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	303	Kompetenzpotential	12	4
234	Ressourcenverbrauch +	308	Ressourceneffizienz	3	6
238	steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	301	Erschwinglichkeit	19	30
242	Stromverbrauch +	308	Ressourceneffizienz	4	2
251	verfügbares Kapital -	307	Refinanzierbarkeit	13	6
256	Auslastung der Wasserverteilungsanlage -	306	Prozessqualität	1	2

257	Auslastung Wasserentnahmerechte +	309	Robustheit	1,5	7,5
258	Betriebswasserverluste +	306	Prozessqualität	1	2
258	Betriebswasserverluste +	307	Refinanzierbarkeit	4	10
259	chemische/ biologische Rohwasserbelastung +	306	Prozessqualität	18	4
260	CO2-Emissionen am Kraftwerk +	306	Prozessqualität	9	2
261	Druckverlust in Rohrleitungen	301	Erschwinglichkeit	4	1
262	Durchflussschwankungen im Netz +; Druckschwankungen im Netz +	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	1	2
263	Einkauf regionaler Produkte/ DL -	314	Regionale Einbettung	4	2
264	gefördertes Rohwasser +	308	Ressourceneffizienz	1	6
265	Grundwasservolumen -	308	Ressourceneffizienz	6	6
265	Grundwasservolumen -	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	1	2
265	Grundwasservolumen -	314	Regionale Einbettung	6	6
266	ineffizienter Betriebspunkt Pumpe/ Rohr	308	Ressourceneffizienz	2	2
267	Kosten pro geliefertem m³ Trinkwasser +	301	Erschwinglichkeit	10	6
267	Kosten pro geliefertem m³ Trinkwasser +	300	Akzeptanz	4	6
268	langfristige Planung -	310	Steuerbarkeit	1	3
269	Mitarbeitermotivation -	302	Innovationsfähigkeit	4	1
270	Nitrat-Konzentration im Grundwasser +	301	Erschwinglichkeit	4	3
270	Nitrat-Konzentration im Grundwasser +	306	Prozessqualität	9	2
271	nutzbares Oberflächenwasservolumen -	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	6	2
272	Regionale Wassernutzung -	314	Regionale Einbettung	1	8
273	Rohrleitungsdurchmesser (Korrosion) -	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	4	2
274	Schadstoffkonzentration Wasserdargebot +	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	9	2
275	Sediment- und Stoffkonzentration Wasserdargebot +	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	6	10
276	Stoffkonzentration Rohwasser +	306	Prozessqualität	9	2
277	Wasserstand in Gewinnungsanlage (Brunnen) -	305	Leistungsqualität gegenüber den Kunden	1	2
277	Wasserstand in Gewinnungsanlage (Brunnen) -	314	Regionale Einbettung	4	6

Tabelle 62: Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Auswirkung und Ziel im Trinkwasserversorgungssystem

Risikobeziehungen Ursache - Auswirkung im Abwasserbeseitigungssystem						
Laufnr.	Ursache	Laufnr.	Auswirkung	Risiko (C)	Risiko (D)	Risiko (E)
100	Ablagerungen im Kanal +	208	Beeinträchtigung Abwasserableitung +	12	6	2
100	Ablagerungen im Kanal +	213	Einsatz chemischer Stoffe zur Reduktion der Faulungsprozesse	2	12	2
100	Ablagerungen im Kanal +	219	Geruchsentwicklung +	6	9	1
100	Ablagerungen im Kanal +	228	Minderung Gefälle +	4	9	2
100	Ablagerungen im Kanal +	233	Reparaturkosten +	3	12	4
100	Ablagerungen im Kanal +	237	Spülbedarf +	9	22	12
101	Abwasserabgabe +	202	Abwasserentgelt +	10	6	12
102	Abwasserdurchfluss -	219	Geruchsentwicklung +	4	12	1
103	Abwassermenge -	209	Behandlungsstraße außer Betrieb	4	4	3
103	Abwassermenge -	210	Belüftung stärker als nötig	3	15	2
103	Abwassermenge -	241	Stilllegung noch nicht abgeschriebener Anlagen	5	12	6
104	Abwassertemperatur im Winter -	237	Spülbedarf +	3	2	5
104	Abwassertemperatur im Winter -	242	Stromverbrauch +	3	4	1,5
105	Änderung der Rechtslage	220	Investitionsbedarf +	28	16	23
105	Änderung der Rechtslage	225	Kosten > geplante Kosten	12	8	2
105	Änderung der Rechtslage	231	neue Grenzwerte können mit aktueller Technik nicht mehr eingehalten werden	6	6	12
105	Änderung der Rechtslage	245	Überschreitung der gegebenen Grenzwerte	6	6	12
106	Anschlussgrad -	239	Steigerung spezifischer Entgelte	4	8	4
106	Anschlussgrad -	247	Umlagerung von Kosten auf im Gebiet verbleibende Bevölkerung (Quersubventionierung)	1	6	2
106	Anschlussgrad -	400	Unternehmensgröße -	2	8	2
107	Baukostenzuschüsse +	212	einheitliches Abwasserentgelt	2	1	4
108	biogene Schwefelsäure-Korrosion	254	Zersetzung der Bausubstanz +	4	9	2
109	demografischer Wandel +	204	Altersstruktur	9	9	2
109	demografischer Wandel +	232	Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	16	32	8
110	Einflussnahme des Kommunal-/ Rates	235	Richtungsunsicherheit der Führungsebene & Mitarbeitende	8	4	4
111	Einsatz NASS +	248	Veränderung Abwassermenge und Qualität	3	6	4

112 Energiepreise +	238 steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	6	6	12
113 Energieverbrauch +	238 steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	4	6	4
113 Energieverbrauch +	250 Verbrauch energetischer Ressourcen +	5,25	9	4
114 Erneuerungsrate < 1	252 Verfügbarkeit funktionstüchtiger Kanäle -	2	16	4
115 fehlende integrierte Planung	222 keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	6	8	6
115 fehlende integrierte Planung	225 Kosten > geplante Kosten	4	16	2
116 fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	223 Konflikte mit Stakeholdern +	3	3	9
117 fehlende Kompetenzen "Innovation & Recht"	217 falsche Weichenstellung bei Planungen	8	4	4
118 fehlendes Wissensmanagement	201 Absprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	4	9	2
118 fehlendes Wissensmanagement	253 Verlust an Know-How/ Netzwerken	6	4	3
120 Fortbildung zu wenig/ keine	218 Fehlentscheidungen +; Fehlende Kompetenz	3	6	3
120 Fortbildung zu wenig/ keine	230 Mitarbeiterunzufriedenheit (fehlende persönliche Entwicklung) +	3	6	4
121 Hochwasserereignisse +	244 Überlastung Hochwasserentlastung	8	12	2
122 Kanalkapazitäten -	246 Überschwemmungen +	4	12	4
123 Kanalnetz Anteil ZK 0 und 1 +	220 Investitionsbedarf +	2	20	4
124 Kanalsanierung -	221 Kanalzustand -	6	41	10
124 Kanalsanierung -	236 Sanierungsstau	2	20	6
125 Kapital -	201 Absprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	4	9	2
125 Kapital -	205 Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	4	9	6
126 keine Gebührenanpassung	251 verfügbares Kapital -	2	15	6
127 Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	207 Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	13,5	21,75	16
128 Mitarbeiterzahl -	243 Überlastung der verbliebenen Mitarbeiter	3	16	3
129 Niederschlagswasser im Kanal +	229 Mischwasserentlastungsereignis +	6	12	6
130 Outsourcing +	206 Arbeitsplatzsicherheit -	4	4	2
130 Outsourcing +	216 Fachpersonal -	3	16	2
130 Outsourcing +	224 Kontrollmöglichkeiten -	3	4	2

131 rechtlich geforderte Neuinvestitionen +	202 Abwasserentgelt +	1	16	4
132 Rekommunalisierung	214 Entwicklungspotenzial -	3	6	6
133 Rohstoffpreise +	238 steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	6	8	6
134 Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	234 Ressourcenverbrauch +	8	4	9
135 Rohstoffverbrauch +	238 steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	6	6	9
136 Siedlungsfläche +	200 absolute Kosten +	2	4	1
137 Überdimensionierung Kanalnetz	202 Abwasserentgelt +	2	2	2
138 Überflutung von Grundstücken +	226 Kosten für Hochwasserschutz +	2	12	4
139 unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	227 Kündigungen +	4	8	2
140 unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	211 betrieblicher Handlungsspielraum -	6	6	12
140 unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	255 zu späte Reaktion auf sich ändernde Rechtslage	8	24	4
141 Verfügbarkeit Fachkräfte -	216 Fachpersonal -	7	12	2,5
143 Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	203 Akzeptanzverlust in der Öffentlichkeit	3	4	2
143 Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	240 Stellenabbau/-umbesetzung +	4	4	2
400 Unternehmensgröße -	216 Fachpersonal -	2	4	6

Tabelle 63: Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Ursache und Auswirkung im Abwasserbeseitigungssystem

Risikobeziehungen Auswirkung - Ziel im Abwasserbeseitigungssystem						
Laufnr.	Auswirkung	Laufnr.	Ziel	Risiko (C)	Risiko (D)	Risiko (E)
200	absolute Kosten +	301	Erschwinglichkeit	2	4	1
201	Absprache/ Transparenz zwischen Unternehmensbereichen -	312	Unternehmenskultur	8	18	4
202	Abwasserentgelt +	300	Akzeptanz	5	20	10
202	Abwasserentgelt +	301	Erschwinglichkeit	8	4	8
203	Akzeptanzverlust in der Öffentlichkeit	303	Kompetenzpotential	3	4	2
204	Altersstruktur	312	Unternehmenskultur	9	9	2
205	Anpassung an neue Rahmenbedingungen -	302	Innovationsfähigkeit	4	9	6
206	Arbeitsplatzsicherheit -	312	Unternehmenskultur	4	4	2

207 Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	300 Akzeptanz	3	3	1
207 Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	303 Kompetenzpotential	4	4	2
207 Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	312 Unternehmenskultur	3,5	8,75	3
207 Arbeitsunfälle +; Qualität Verfahren -	306 Prozessqualität	3	6	6
208 Beeinträchtigung Abwasserableitung +	301 Erschwinglichkeit	12	6	2
209 Behandlungsstraße außer Betrieb	313 Wirtschaftlichkeit	4	4	3
210 Belüftung stärker als nötig	313 Wirtschaftlichkeit	3	15	2
211 betrieblicher Handlungsspielraum -	306 Prozessqualität	6	6	12
212 einheitliches Abwasserentgelt	304 Kostengerechtigkeit	2	1	4
213 Einsatz chemischer Stoffe zur Reduktion der Faulungsprozesse	308 Ressourceneffizienz	2	12	2
214 Entwicklungspotenzial -	306 Prozessqualität	3	6	6
216 Fachpersonal -	303 Kompetenzpotential	12	32	10,5
217 falsche Weichenstellung bei Planungen	302 Innovationsfähigkeit	8	4	4
218 Fehlentscheidungen +; Fehlende Kompetenz	310 Steuerbarkeit	3	6	3
219 Geruchsentwicklung +	300 Akzeptanz	6	9	1
219 Geruchsentwicklung +	305 Leistungsqualität gegenüber den Kunden	4	12	1
220 Investitionsbedarf +	301 Erschwinglichkeit	14	28	13
220 Investitionsbedarf +	313 Wirtschaftlichkeit	16	8	12
221 Kanalzustand -	301 Erschwinglichkeit	2	25	4
221 Kanalzustand -	300 Akzeptanz	4	16	6
222 keine gemeinsame Entwicklung integrierter, innovativer, zukunftsfähiger Lösungen	302 Innovationsfähigkeit	6	8	6
223 Konflikte mit Stakeholdern +	300 Akzeptanz	3	3	9
224 Kontrollmöglichkeiten -	310 Steuerbarkeit	3	4	2
225 Kosten > geplante Kosten	307 Refinanzierbarkeit	16	24	4
226 Kosten für Hochwasserschutz +	301 Erschwinglichkeit	2	12	4
227 Kündigungen +	303 Kompetenzpotential	4	8	2
228 Minderung Gefälle +	306 Prozessqualität	4	9	2
229 Mischwasserentlastungsereignis +	306 Prozessqualität	6	12	6
230 Mitarbeiterunzufriedenheit (fehlende persönliche Entwicklung) +	312 Unternehmenskultur	3	6	4
231 neue Grenzwerte können mit aktueller Technik nicht mehr eingehalten werden	306 Prozessqualität	6	6	12
232 Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	312 Unternehmenskultur	10	9	4

232 Qualitätsniveau (Ausbildung, Erfahrung, Fähigkeiten) Bewerber -	303 Kompetenzpotential	8	16	4
233 Reparaturkosten +	301 Erschwinglichkeit	3	12	4
234 Ressourcenverbrauch +	308 Ressourceneffizienz	8	4	9
235 Richtungsunsicherheit der Führungsebene & Mitarbeitende	312 Unternehmenskultur	8	4	4
236 Sanierungsstau	313 Wirtschaftlichkeit	2	20	6
237 Spülbedarf +	313 Wirtschaftlichkeit	1	8	2
237 Spülbedarf +	301 Erschwinglichkeit	4	3	6
237 Spülbedarf +	306 Prozessqualität	6	12	6
237 Spülbedarf +	305 Leistungsqualität gegenüber den Kunden	2	1	3
238 steigende Betriebskosten werden an Verbraucher weitergegeben	301 Erschwinglichkeit	22	26	31
239 Steigerung spezifischer Entgelte	301 Erschwinglichkeit	4	8	4
240 Stellenabbau/-umbesetzung +	312 Unternehmenskultur	4	4	2
241 Stilllegung noch nicht abgeschriebener Anlagen	307 Refinanzierbarkeit	5	12	6
242 Stromverbrauch +	308 Ressourceneffizienz	3	4	1,5
243 Überlastung der verbliebenen Mitarbeiter	312 Unternehmenskultur	3	16	3
244 Überlastung Hochwasserentlastung	305 Leistungsqualität gegenüber den Kunden	8	12	2
245 Überschreitung der gegebenen Grenzwerte	306 Prozessqualität	6	6	12
246 Überschwemmungen +	300 Akzeptanz	4	12	4
247 Umlagerung von Kosten auf im Gebiet verbleibende Bevölkerung (Quersubventionierung)	304 Kostengerechtigkeit	1	6	2
248 Veränderung Abwassermenge und Qualität	306 Prozessqualität	3	6	4
250 Verbrauch energetischer Ressourcen +	308 Ressourceneffizienz	5,25	9	4
251 verfügbares Kapital -	307 Refinanzierbarkeit	2	15	6
252 Verfügbarkeit funktionstüchtiger Kanäle -	305 Leistungsqualität gegenüber den Kunden	2	16	4
253 Verlust an Know-How/ Netzwerken	303 Kompetenzpotential	6	4	3
254 Zersetzung der Bausubstanz +	306 Prozessqualität	4	9	2
255 zu späte Reaktion auf sich ändernde Rechtslage	311 Umweltschutz	2	12	2
255 zu späte Reaktion auf sich ändernde Rechtslage	312 Unternehmenskultur	6	12	2
400 Unternehmensgröße -	312 Unternehmenskultur	2	8	2

Tabelle 64: Risikobeziehungen und Gewichtung zwischen Auswirkung und Ziel im Abwasserbeseitigungssystem

C Metriken der Netzwerkanalyse des Trinkwasserversorgungssystems

Ranking des Zentralitätsmaßes Outdegree im Trinkwasserversorgungssystem				
Elemente	Outdegree	Indegree	nOutdegree	nIndegree
158	4	0	0,044943821	0
159	4	0	0,044943821	0
130	3	0	0,033707865	0
265	3	2	0,033707865	0,02247191
105	2	0	0,02247191	0
109	2	0	0,02247191	0
113	2	0	0,02247191	0
115	2	0	0,02247191	0
120	2	0	0,02247191	0
125	2	0	0,02247191	0
134	2	0	0,02247191	0
143	2	0	0,02247191	0
150	2	0	0,02247191	0
153	2	0	0,02247191	0
155	2	0	0,02247191	0
206	2	3	0,02247191	0,033707865
258	2	1	0,02247191	0,011235955
267	2	3	0,02247191	0,033707865
270	2	1	0,02247191	0,011235955
277	2	1	0,02247191	0,011235955
112	1	0	0,011235955	0
116	1	0	0,011235955	0
121	1	0	0,011235955	0
126	1	0	0,011235955	0
133	1	0	0,011235955	0
136	1	0	0,011235955	0
139	1	0	0,011235955	0
140	1	0	0,011235955	0
144	1	0	0,011235955	0
145	1	0	0,011235955	0
146	1	0	0,011235955	0
147	1	0	0,011235955	0
148	1	0	0,011235955	0
149	1	0	0,011235955	0
151	1	0	0,011235955	0
152	1	0	0,011235955	0
154	1	0	0,011235955	0
156	1	0	0,011235955	0
157	1	0	0,011235955	0
160	1	0	0,011235955	0

161	1	0	0,011235955	0
200	1	1	0,011235955	0,011235955
201	1	1	0,011235955	0,011235955
203	1	1	0,011235955	0,011235955
204	1	1	0,011235955	0,011235955
205	1	1	0,011235955	0,011235955
207	1	1	0,011235955	0,011235955
211	1	1	0,011235955	0,011235955
216	1	1	0,011235955	0,011235955
218	1	1	0,011235955	0,011235955
220	1	1	0,011235955	0,011235955
222	1	1	0,011235955	0,011235955
223	1	1	0,011235955	0,011235955
224	1	1	0,011235955	0,011235955
225	1	2	0,011235955	0,02247191
230	1	1	0,011235955	0,011235955
232	1	1	0,011235955	0,011235955
234	1	1	0,011235955	0,011235955
238	1	4	0,011235955	0,044943821
242	1	1	0,011235955	0,011235955
251	1	2	0,011235955	0,02247191
256	1	1	0,011235955	0,011235955
257	1	1	0,011235955	0,011235955
259	1	2	0,011235955	0,02247191
260	1	1	0,011235955	0,011235955
261	1	1	0,011235955	0,011235955
262	1	1	0,011235955	0,011235955
263	1	1	0,011235955	0,011235955
264	1	1	0,011235955	0,011235955
266	1	1	0,011235955	0,011235955
268	1	1	0,011235955	0,011235955
269	1	1	0,011235955	0,011235955
271	1	1	0,011235955	0,011235955
272	1	1	0,011235955	0,011235955
273	1	1	0,011235955	0,011235955
274	1	1	0,011235955	0,011235955
275	1	1	0,011235955	0,011235955
276	1	1	0,011235955	0,011235955
300	0	3	0	0,033707865
301	0	6	0	0,067415729
302	0	3	0	0,033707865
303	0	3	0	0,033707865
305	0	7	0	0,078651689
306	0	6	0	0,067415729
307	0	3	0	0,033707865

308	0	5	0	0,056179777
309	0	1	0	0,011235955
310	0	3	0	0,033707865
312	0	6	0	0,067415729
314	0	4	0	0,044943821

Tabelle 65: Ranking nach höchstem Outdegree im Trinkwasserversorgungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Indegree im Trinkwasserversorgungssystem				
Elemente	Outdegree	Indegree	nOutdegree	nIndegree
305	0	7	0	0,078651689
301	0	6	0	0,067415729
306	0	6	0	0,067415729
312	0	6	0	0,067415729
308	0	5	0	0,056179777
238	1	4	0,011235955	0,044943821
314	0	4	0	0,044943821
206	2	3	0,02247191	0,033707865
267	2	3	0,02247191	0,033707865
300	0	3	0	0,033707865
302	0	3	0	0,033707865
303	0	3	0	0,033707865
307	0	3	0	0,033707865
310	0	3	0	0,033707865
265	3	2	0,033707865	0,02247191
225	1	2	0,011235955	0,02247191
251	1	2	0,011235955	0,02247191
259	1	2	0,011235955	0,02247191
258	2	1	0,02247191	0,011235955
270	2	1	0,02247191	0,011235955
277	2	1	0,02247191	0,011235955
200	1	1	0,011235955	0,011235955
201	1	1	0,011235955	0,011235955
203	1	1	0,011235955	0,011235955
204	1	1	0,011235955	0,011235955
205	1	1	0,011235955	0,011235955
207	1	1	0,011235955	0,011235955
211	1	1	0,011235955	0,011235955
216	1	1	0,011235955	0,011235955
218	1	1	0,011235955	0,011235955
220	1	1	0,011235955	0,011235955
222	1	1	0,011235955	0,011235955
223	1	1	0,011235955	0,011235955
224	1	1	0,011235955	0,011235955
230	1	1	0,011235955	0,011235955

232	1	1	0,011235955	0,011235955
234	1	1	0,011235955	0,011235955
242	1	1	0,011235955	0,011235955
256	1	1	0,011235955	0,011235955
257	1	1	0,011235955	0,011235955
260	1	1	0,011235955	0,011235955
261	1	1	0,011235955	0,011235955
262	1	1	0,011235955	0,011235955
263	1	1	0,011235955	0,011235955
264	1	1	0,011235955	0,011235955
266	1	1	0,011235955	0,011235955
268	1	1	0,011235955	0,011235955
269	1	1	0,011235955	0,011235955
271	1	1	0,011235955	0,011235955
272	1	1	0,011235955	0,011235955
273	1	1	0,011235955	0,011235955
274	1	1	0,011235955	0,011235955
275	1	1	0,011235955	0,011235955
276	1	1	0,011235955	0,011235955
309	0	1	0	0,011235955
158	4	0	0,044943821	0
159	4	0	0,044943821	0
130	3	0	0,033707865	0
105	2	0	0,02247191	0
109	2	0	0,02247191	0
113	2	0	0,02247191	0
115	2	0	0,02247191	0
120	2	0	0,02247191	0
125	2	0	0,02247191	0
134	2	0	0,02247191	0
143	2	0	0,02247191	0
150	2	0	0,02247191	0
153	2	0	0,02247191	0
155	2	0	0,02247191	0
112	1	0	0,011235955	0
116	1	0	0,011235955	0
121	1	0	0,011235955	0
126	1	0	0,011235955	0
133	1	0	0,011235955	0
136	1	0	0,011235955	0
139	1	0	0,011235955	0
140	1	0	0,011235955	0
144	1	0	0,011235955	0
145	1	0	0,011235955	0
146	1	0	0,011235955	0

147	1	0	0,011235955	0
148	1	0	0,011235955	0
149	1	0	0,011235955	0
151	1	0	0,011235955	0
152	1	0	0,011235955	0
154	1	0	0,011235955	0
156	1	0	0,011235955	0
157	1	0	0,011235955	0
160	1	0	0,011235955	0
161	1	0	0,011235955	0

Tabelle 66: Ranking nach höchstem Indegree im Trinkwasserversorgungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Outcloseness im Trinkwasserversorgungssystem						
Elemente	OutCloseness	InCloseness	OutValClo	InValClo	OutRecipClo	InRecipClo
158	0,15730338	0	0,10049938	0	0,07303371	0
159	0,15730338	0	0,10049938	0	0,07303371	0
130	0,10112359	0	0,0670412	0	0,0505618	0
143	0,08988764	0	0,05580524	0	0,03932584	0
150	0,08988764	0	0,05580524	0	0,03932584	0
153	0,08988764	0	0,05580524	0	0,03932584	0
149	0,07865169	0	0,04456929	0	0,02808989	0
105	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
109	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
113	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
115	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
120	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
125	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
134	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
155	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
144	0,05617978	0	0,03345818	0	0,02247191	0
151	0,05617978	0	0,03345818	0	0,02247191	0
112	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
116	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
121	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
126	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
133	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
136	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
139	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
140	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
145	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
146	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
147	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
148	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
152	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0

274	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
275	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
276	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
300	0	0,14606741	0	0,08926342	0	0,06179775
301	0	0,29213482	0	0,17852683	0	0,12359551
302	0	0,10112359	0	0,0670412	0	0,0505618
303	0	0,12359551	0	0,07815231	0	0,05617978
305	0	0,23595506	0	0,15642945	0	0,11797753
306	0	0,22471911	0	0,14519352	0	0,10674157
307	0	0,14606741	0	0,08926342	0	0,06179775
308	0	0,19101124	0	0,12284645	0	0,08988764
309	0	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393
310	0	0,10112359	0	0,0670412	0	0,0505618
312	0	0,24719101	0	0,15630463	0	0,11235955
314	0	0,13483146	0	0,08938827	0	0,06741573

Tabelle 67: Ranking nach höchstem Outcloseness im Trinkwasserversorgungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Incloseness im Trinkwasserversorgungssystem						
Elemente	OutCloseness	InCloseness	OutValClo	InValClo	OutRecipClo	InRecipClo
301	0	0,29213482	0	0,17852683	0	0,12359551
312	0	0,24719101	0	0,15630463	0	0,11235955
305	0	0,23595506	0	0,15642945	0	0,11797753
306	0	0,22471911	0	0,14519352	0	0,10674157
308	0	0,19101124	0	0,12284645	0	0,08988764
300	0	0,14606741	0	0,08926342	0	0,06179775
307	0	0,14606741	0	0,08926342	0	0,06179775
314	0	0,13483146	0	0,08938827	0	0,06741573
303	0	0,12359551	0	0,07815231	0	0,05617978
302	0	0,10112359	0	0,0670412	0	0,0505618
310	0	0,10112359	0	0,0670412	0	0,0505618
238	0,01123596	0,04494382	0,01123596	0,04494382	0,01123596	0,04494382
206	0,02247191	0,03370786	0,02247191	0,03370786	0,02247191	0,03370786
267	0,02247191	0,03370786	0,02247191	0,03370786	0,02247191	0,03370786
309	0	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393
265	0,03370786	0,02247191	0,03370786	0,02247191	0,03370786	0,02247191
225	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191
251	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191
259	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191
258	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596
270	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596
277	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596	0,02247191	0,01123596
200	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
201	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
203	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596

204	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
205	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
207	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
211	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
216	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
218	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
220	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
222	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
223	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
224	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
230	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
232	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
234	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
242	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
256	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
257	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
260	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
261	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
262	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
263	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
264	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
266	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
268	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
269	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
271	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
272	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
273	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
274	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
275	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
276	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596	0,01123596
158	0,15730338	0	0,10049938	0	0,07303371	0
159	0,15730338	0	0,10049938	0	0,07303371	0
130	0,10112359	0	0,0670412	0	0,0505618	0
143	0,08988764	0	0,05580524	0	0,03932584	0
150	0,08988764	0	0,05580524	0	0,03932584	0
153	0,08988764	0	0,05580524	0	0,03932584	0
149	0,07865169	0	0,04456929	0	0,02808989	0
105	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
109	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
113	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
115	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
120	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
125	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
134	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0
155	0,06741573	0	0,04469413	0	0,03370786	0

144	0,05617978	0	0,03345818	0	0,02247191	0
151	0,05617978	0	0,03345818	0	0,02247191	0
112	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
116	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
121	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
126	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
133	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
136	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
139	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
140	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
145	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
146	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
147	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
148	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
152	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
154	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
156	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
157	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
160	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0
161	0,03370786	0	0,02234707	0	0,01685393	0

Tabelle 68: Ranking nach höchstem Incloseness im Trinkwasserversorgungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Betweenness im Trinkwasserversorgungssystem		
Elemente	Betweenness	nBetweenness
206	5,5	0,070224717
267	5,5	0,070224717
265	5	0,06384065
238	3,5	0,044688456
225	2	0,025536261
251	2	0,025536261
258	2	0,025536261
259	2	0,025536261
270	2	0,025536261
200	1	0,012768131
201	1	0,012768131
203	1	0,012768131
204	1	0,012768131
205	1	0,012768131
207	1	0,012768131
211	1	0,012768131
218	1	0,012768131
220	1	0,012768131
222	1	0,012768131
223	1	0,012768131

224	1	0,012768131
230	1	0,012768131
232	1	0,012768131
234	1	0,012768131
242	1	0,012768131
256	1	0,012768131
257	1	0,012768131
260	1	0,012768131
261	1	0,012768131
262	1	0,012768131
263	1	0,012768131
264	1	0,012768131
266	1	0,012768131
268	1	0,012768131
269	1	0,012768131
271	1	0,012768131
272	1	0,012768131
273	1	0,012768131
274	1	0,012768131
275	1	0,012768131
276	1	0,012768131
277	1	0,012768131
216	0,5	0,006384065
105	0	0
109	0	0
112	0	0
113	0	0
115	0	0
116	0	0
120	0	0
121	0	0
125	0	0
126	0	0
130	0	0
133	0	0
134	0	0
136	0	0
139	0	0
140	0	0
143	0	0
144	0	0
145	0	0
146	0	0
147	0	0
148	0	0

149	0	0
150	0	0
151	0	0
152	0	0
153	0	0
154	0	0
155	0	0
156	0	0
157	0	0
158	0	0
159	0	0
160	0	0
161	0	0
300	0	0
301	0	0
302	0	0
303	0	0
305	0	0
306	0	0
307	0	0
308	0	0
309	0	0
310	0	0
312	0	0
314	0	0

Tabelle 69: Ranking nach höchstem Betweenness im Trinkwasserversorgungssystem

D Metriken der Netzwerkanalyse des Abwasserbeseitigungssystems

Ranking des Zentralitätsmaßes Outdegree im Abwasserbeseitigungssystem				
Element	Outdegree	Indegree	nOutdegree	nIndegree
100	6	0	0,055045873	0
105	4	0	0,036697246	0
207	4	1	0,036697246	0,009174312
237	4	2	0,036697246	0,018348623
103	3	0	0,027522936	0
106	3	0	0,027522936	0
130	3	0	0,027522936	0
104	2	0	0,018348623	0
109	2	0	0,018348623	0
113	2	0	0,018348623	0
115	2	0	0,018348623	0
118	2	0	0,018348623	0
120	2	0	0,018348623	0
124	2	0	0,018348623	0
125	2	0	0,018348623	0
140	2	0	0,018348623	0
143	2	0	0,018348623	0
202	2	3	0,018348623	0,027522936
219	2	2	0,018348623	0,018348623
220	2	2	0,018348623	0,018348623
221	2	1	0,018348623	0,009174312
232	2	1	0,018348623	0,009174312
255	2	1	0,018348623	0,009174312
400	2	1	0,018348623	0,009174312
101	1	0	0,009174312	0
102	1	0	0,009174312	0
107	1	0	0,009174312	0
108	1	0	0,009174312	0
110	1	0	0,009174312	0
111	1	0	0,009174312	0
112	1	0	0,009174312	0
114	1	0	0,009174312	0
116	1	0	0,009174312	0
117	1	0	0,009174312	0
121	1	0	0,009174312	0
122	1	0	0,009174312	0
123	1	0	0,009174312	0
126	1	0	0,009174312	0
127	1	0	0,009174312	0
128	1	0	0,009174312	0

129	1	0	0,009174312	0
131	1	0	0,009174312	0
132	1	0	0,009174312	0
133	1	0	0,009174312	0
134	1	0	0,009174312	0
135	1	0	0,009174312	0
136	1	0	0,009174312	0
137	1	0	0,009174312	0
138	1	0	0,009174312	0
139	1	0	0,009174312	0
141	1	0	0,009174312	0
200	1	1	0,009174312	0,009174312
201	1	2	0,009174312	0,018348623
203	1	1	0,009174312	0,009174312
204	1	1	0,009174312	0,009174312
205	1	1	0,009174312	0,009174312
206	1	1	0,009174312	0,009174312
208	1	1	0,009174312	0,009174312
209	1	1	0,009174312	0,009174312
210	1	1	0,009174312	0,009174312
211	1	1	0,009174312	0,009174312
212	1	1	0,009174312	0,009174312
213	1	1	0,009174312	0,009174312
214	1	1	0,009174312	0,009174312
216	1	3	0,009174312	0,027522936
217	1	1	0,009174312	0,009174312
218	1	1	0,009174312	0,009174312
222	1	1	0,009174312	0,009174312
223	1	1	0,009174312	0,009174312
224	1	1	0,009174312	0,009174312
225	1	2	0,009174312	0,018348623
226	1	1	0,009174312	0,009174312
227	1	1	0,009174312	0,009174312
228	1	1	0,009174312	0,009174312
229	1	1	0,009174312	0,009174312
230	1	1	0,009174312	0,009174312
231	1	1	0,009174312	0,009174312
233	1	1	0,009174312	0,009174312
234	1	1	0,009174312	0,009174312
235	1	1	0,009174312	0,009174312
236	1	1	0,009174312	0,009174312
238	1	4	0,009174312	0,036697246
239	1	1	0,009174312	0,009174312
240	1	1	0,009174312	0,009174312
241	1	1	0,009174312	0,009174312

242	1	1	0,009174312	0,009174312
243	1	1	0,009174312	0,009174312
244	1	1	0,009174312	0,009174312
245	1	1	0,009174312	0,009174312
246	1	1	0,009174312	0,009174312
247	1	1	0,009174312	0,009174312
248	1	1	0,009174312	0,009174312
250	1	1	0,009174312	0,009174312
251	1	1	0,009174312	0,009174312
252	1	1	0,009174312	0,009174312
253	1	1	0,009174312	0,009174312
254	1	1	0,009174312	0,009174312
300	0	6	0	0,055045873
301	0	10	0	0,091743119
302	0	3	0	0,027522936
303	0	6	0	0,055045873
304	0	2	0	0,018348623
305	0	4	0	0,036697246
306	0	10	0	0,091743119
307	0	3	0	0,027522936
308	0	4	0	0,036697246
310	0	2	0	0,018348623
311	0	1	0	0,009174312
312	0	11	0	0,100917429
313	0	5	0	0,04587156

Tabelle 70: Ranking nach höchstem Outdegree im Abwasserbeseitigungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Indegree im Abwasserbeseitigungssystem				
Element	Outdegree	Indegree	nOutdegree	nIndegree
312	0	11	0	0,100917429
301	0	10	0	0,091743119
306	0	10	0	0,091743119
300	0	6	0	0,055045873
303	0	6	0	0,055045873
313	0	5	0	0,04587156
238	1	4	0,009174312	0,036697246
305	0	4	0	0,036697246
308	0	4	0	0,036697246
202	2	3	0,018348623	0,027522936
216	1	3	0,009174312	0,027522936
302	0	3	0	0,027522936
307	0	3	0	0,027522936
237	4	2	0,036697246	0,018348623
219	2	2	0,018348623	0,018348623

220	2	2	0,018348623	0,018348623
201	1	2	0,009174312	0,018348623
225	1	2	0,009174312	0,018348623
304	0	2	0	0,018348623
310	0	2	0	0,018348623
207	4	1	0,036697246	0,009174312
221	2	1	0,018348623	0,009174312
232	2	1	0,018348623	0,009174312
255	2	1	0,018348623	0,009174312
400	2	1	0,018348623	0,009174312
200	1	1	0,009174312	0,009174312
203	1	1	0,009174312	0,009174312
204	1	1	0,009174312	0,009174312
205	1	1	0,009174312	0,009174312
206	1	1	0,009174312	0,009174312
208	1	1	0,009174312	0,009174312
209	1	1	0,009174312	0,009174312
210	1	1	0,009174312	0,009174312
211	1	1	0,009174312	0,009174312
212	1	1	0,009174312	0,009174312
213	1	1	0,009174312	0,009174312
214	1	1	0,009174312	0,009174312
217	1	1	0,009174312	0,009174312
218	1	1	0,009174312	0,009174312
222	1	1	0,009174312	0,009174312
223	1	1	0,009174312	0,009174312
224	1	1	0,009174312	0,009174312
226	1	1	0,009174312	0,009174312
227	1	1	0,009174312	0,009174312
228	1	1	0,009174312	0,009174312
229	1	1	0,009174312	0,009174312
230	1	1	0,009174312	0,009174312
231	1	1	0,009174312	0,009174312
233	1	1	0,009174312	0,009174312
234	1	1	0,009174312	0,009174312
235	1	1	0,009174312	0,009174312
236	1	1	0,009174312	0,009174312
239	1	1	0,009174312	0,009174312
240	1	1	0,009174312	0,009174312
241	1	1	0,009174312	0,009174312
242	1	1	0,009174312	0,009174312
243	1	1	0,009174312	0,009174312
244	1	1	0,009174312	0,009174312
245	1	1	0,009174312	0,009174312
246	1	1	0,009174312	0,009174312

247	1	1	0,009174312	0,009174312
248	1	1	0,009174312	0,009174312
250	1	1	0,009174312	0,009174312
251	1	1	0,009174312	0,009174312
252	1	1	0,009174312	0,009174312
253	1	1	0,009174312	0,009174312
254	1	1	0,009174312	0,009174312
311	0	1	0	0,009174312
100	6	0	0,055045873	0
105	4	0	0,036697246	0
103	3	0	0,027522936	0
106	3	0	0,027522936	0
130	3	0	0,027522936	0
104	2	0	0,018348623	0
109	2	0	0,018348623	0
113	2	0	0,018348623	0
115	2	0	0,018348623	0
118	2	0	0,018348623	0
120	2	0	0,018348623	0
124	2	0	0,018348623	0
125	2	0	0,018348623	0
140	2	0	0,018348623	0
143	2	0	0,018348623	0
101	1	0	0,009174312	0
102	1	0	0,009174312	0
107	1	0	0,009174312	0
108	1	0	0,009174312	0
110	1	0	0,009174312	0
111	1	0	0,009174312	0
112	1	0	0,009174312	0
114	1	0	0,009174312	0
116	1	0	0,009174312	0
117	1	0	0,009174312	0
121	1	0	0,009174312	0
122	1	0	0,009174312	0
123	1	0	0,009174312	0
126	1	0	0,009174312	0
127	1	0	0,009174312	0
128	1	0	0,009174312	0
129	1	0	0,009174312	0
131	1	0	0,009174312	0
132	1	0	0,009174312	0
133	1	0	0,009174312	0
134	1	0	0,009174312	0
135	1	0	0,009174312	0

136	1	0	0,009174312	0
137	1	0	0,009174312	0
138	1	0	0,009174312	0
139	1	0	0,009174312	0
141	1	0	0,009174312	0

Tabelle 71: Ranking nach höchstem Indegree im Abwasserbeseitigungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Outcloseness im Abwasserbeseitigungssystem						
Element	OutCloseness	InCloseness	OutValClo	InValClo	OutRecipClo	InRecipClo
100	0,165137619	0	0,109591328	0	0,082568809	0
106	0,128440365	0	0,072894081	0	0,048929665	0
104	0,110091746	0	0,063803174	0	0,041284405	0
105	0,110091746	0	0,073060885	0	0,055045873	0
127	0,082568809	0	0,045537949	0	0,027522936	0
130	0,082568809	0	0,054795664	0	0,041284405	0
124	0,073394492	0	0,04562135	0	0,032110091	0
140	0,073394492	0	0,04562135	0	0,032110091	0
103	0,064220183	0	0,045704756	0	0,036697246	0
109	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
113	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
115	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
118	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
120	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
125	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
143	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
101	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
102	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
123	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
131	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
137	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
207	0,036697246	0,009174312	0,03669725	0,009174312	0,036697246	0,009174312
237	0,036697246	0,018348623	0,03669725	0,018348625	0,036697246	0,018348623
400	0,036697246	0,009174312	0,027439533	0,009174312	0,02293578	0,009174312
107	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
108	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
110	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
111	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
112	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
114	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
116	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
117	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
121	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
122	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
126	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0

128	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
129	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
132	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
133	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
134	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
135	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
136	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
138	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
139	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
141	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
202	0,018348623	0,027522936	0,018348625	0,027522936	0,018348623	0,027522936
219	0,018348623	0,018348623	0,018348625	0,018348625	0,018348623	0,018348623
220	0,018348623	0,018348623	0,018348625	0,018348625	0,018348623	0,018348623
221	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623	0,009174312
232	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623	0,009174312
255	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623	0,009174312
200	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
201	0,009174312	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623
203	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
204	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
205	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
206	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
208	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
209	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
210	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
211	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
212	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
213	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
214	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
216	0,009174312	0,04587156	0,009174312	0,036613844	0,009174312	0,032110091
217	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
218	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
222	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
223	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
224	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
225	0,009174312	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623
226	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
227	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
228	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
229	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
230	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
231	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
233	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
234	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
235	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312

236	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
238	0,009174312	0,036697246	0,009174312	0,03669725	0,009174312	0,036697246
239	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
240	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
241	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
242	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
243	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
244	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
245	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
246	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
247	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
248	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
250	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
251	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
252	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
253	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
254	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
300	0	0,220183492	0	0,136864051	0	0,096330278
301	0	0,366972476	0	0,228106752	0	0,16055046
302	0	0,082568809	0	0,054795664	0	0,041284405
303	0	0,229357794	0	0,136780649	0	0,094801232
304	0	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936
305	0	0,128440365	0	0,082151793	0	0,059633028
306	0	0,25688073	0	0,173561305	0	0,133027524
307	0	0,100917429	0	0,063886575	0	0,04587156
308	0	0,110091746	0	0,073060885	0	0,055045873
310	0	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936
311	0	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468
312	0	0,302752286	0	0,200917438	0	0,151376143
313	0	0,155963302	0	0,100417018	0	0,073394492

Tabelle 72: Ranking nach höchstem Outcloseness im Abwasserbeseitigungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Incloseness im Abwasserbeseitigungssystem						
Element	OutCloseness	InCloseness	OutValClo	InValClo	OutRecipClo	InRecipClo
301	0	0,366972476	0	0,228106752	0	0,16055046
312	0	0,302752286	0	0,200917438	0	0,151376143
306	0	0,25688073	0	0,173561305	0	0,133027524
303	0	0,229357794	0	0,136780649	0	0,094801232
300	0	0,220183492	0	0,136864051	0	0,096330278
313	0	0,155963302	0	0,100417018	0	0,073394492
305	0	0,128440365	0	0,082151793	0	0,059633028
308	0	0,110091746	0	0,073060885	0	0,055045873
307	0	0,100917429	0	0,063886575	0	0,04587156
302	0	0,082568809	0	0,054795664	0	0,041284405

304	0	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936
310	0	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936
216	0,009174312	0,04587156	0,009174312	0,036613844	0,009174312	0,032110091
238	0,009174312	0,036697246	0,009174312	0,03669725	0,009174312	0,036697246
202	0,018348623	0,027522936	0,018348625	0,027522936	0,018348623	0,027522936
311	0	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468
237	0,036697246	0,018348623	0,03669725	0,018348625	0,036697246	0,018348623
219	0,018348623	0,018348623	0,018348625	0,018348625	0,018348623	0,018348623
220	0,018348623	0,018348623	0,018348625	0,018348625	0,018348623	0,018348623
201	0,009174312	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623
225	0,009174312	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623
207	0,036697246	0,009174312	0,03669725	0,009174312	0,036697246	0,009174312
400	0,036697246	0,009174312	0,027439533	0,009174312	0,02293578	0,009174312
221	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623	0,009174312
232	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623	0,009174312
255	0,018348623	0,009174312	0,018348625	0,009174312	0,018348623	0,009174312
200	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
203	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
204	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
205	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
206	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
208	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
209	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
210	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
211	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
212	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
213	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
214	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
217	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
218	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
222	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
223	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
224	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
226	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
227	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
228	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
229	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
230	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
231	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
233	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
234	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
235	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
236	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
239	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
240	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312

241	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
242	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
243	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
244	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
245	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
246	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
247	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
248	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
250	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
251	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
252	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
253	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
254	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312	0,009174312
100	0,165137619	0	0,109591328	0	0,082568809	0
106	0,128440365	0	0,072894081	0	0,048929665	0
104	0,110091746	0	0,063803174	0	0,041284405	0
105	0,110091746	0	0,073060885	0	0,055045873	0
127	0,082568809	0	0,045537949	0	0,027522936	0
130	0,082568809	0	0,054795664	0	0,041284405	0
124	0,073394492	0	0,04562135	0	0,032110091	0
140	0,073394492	0	0,04562135	0	0,032110091	0
103	0,064220183	0	0,045704756	0	0,036697246	0
109	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
113	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
115	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
118	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
120	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
125	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
143	0,055045873	0	0,036530443	0	0,027522936	0
101	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
102	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
123	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
131	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
137	0,04587156	0	0,027356131	0	0,018348623	0
107	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
108	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
110	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
111	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
112	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
114	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
116	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
117	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
121	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
122	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
126	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0

128	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
129	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
132	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
133	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
134	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
135	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
136	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
138	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
139	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0
141	0,027522936	0	0,018265221	0	0,013761468	0

Tabelle 73: Ranking nach höchstem Incloseness im Abwasserbeseitigungssystem

Ranking des Zentralitätsmaßes Betweenness im Abwasserbeseitigungssystem		
Element	Betweenness	nBetweenness
237	6,333333492	0,053799976
202	6	0,050968401
207	4	0,033978932
216	4	0,033978932
220	4	0,033978932
238	4	0,033978932
219	3,5	0,029731566
400	3	0,025484201
201	2	0,016989466
221	2	0,016989466
225	2	0,016989466
255	2	0,016989466
232	1,5	0,0127421
200	1	0,008494733
203	1	0,008494733
205	1	0,008494733
206	1	0,008494733
211	1	0,008494733
212	1	0,008494733
213	1	0,008494733
214	1	0,008494733
217	1	0,008494733
218	1	0,008494733
222	1	0,008494733
223	1	0,008494733
224	1	0,008494733
226	1	0,008494733
227	1	0,008494733
229	1	0,008494733
230	1	0,008494733

234	1	0,008494733
235	1	0,008494733
236	1	0,008494733
239	1	0,008494733
240	1	0,008494733
241	1	0,008494733
242	1	0,008494733
243	1	0,008494733
244	1	0,008494733
246	1	0,008494733
247	1	0,008494733
248	1	0,008494733
250	1	0,008494733
251	1	0,008494733
252	1	0,008494733
253	1	0,008494733
254	1	0,008494733
204	0,5	0,004247366
209	0,5	0,004247366
210	0,5	0,004247366
228	0,5	0,004247366
231	0,5	0,004247366
245	0,5	0,004247366
208	0,333333343	0,002831578
233	0,333333343	0,002831578
100	0	0
101	0	0
102	0	0
103	0	0
104	0	0
105	0	0
106	0	0
107	0	0
108	0	0
109	0	0
110	0	0
111	0	0
112	0	0
113	0	0
114	0	0
115	0	0
116	0	0
117	0	0
118	0	0
120	0	0

121	0	0
122	0	0
123	0	0
124	0	0
125	0	0
126	0	0
127	0	0
128	0	0
129	0	0
130	0	0
131	0	0
132	0	0
133	0	0
134	0	0
135	0	0
136	0	0
137	0	0
138	0	0
139	0	0
140	0	0
141	0	0
143	0	0
300	0	0
301	0	0
302	0	0
303	0	0
304	0	0
305	0	0
306	0	0
307	0	0
308	0	0
310	0	0
311	0	0
312	0	0
313	0	0

Tabelle 74: Ranking nach höchstem Betweenness im Abwasserbeseitigungssystem

E Darstellung des Wirkungsgeflechts der Trinkwasserversorgung

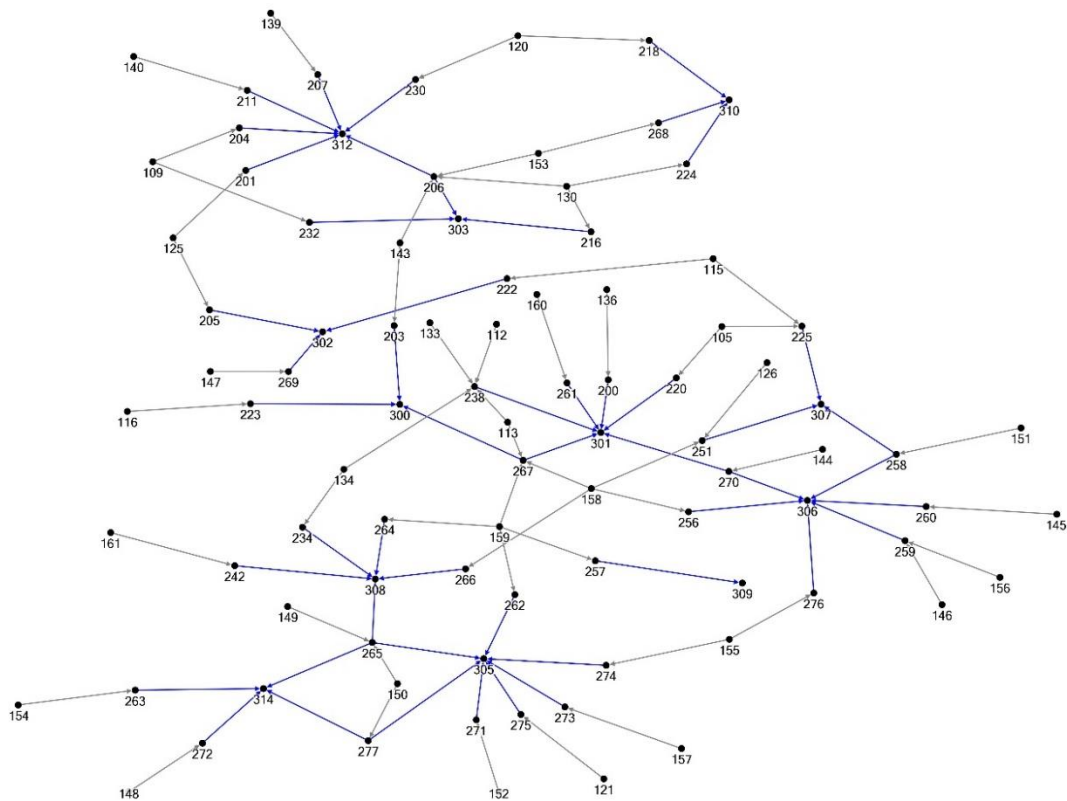


Abbildung 30: Wirkungsgeflecht der Trinkwasserversorgung mit NodeXL erstellt

G Metriken der Einflussmatrix für das Trinkwasserversorgungssystem

Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Trinkwasserversorgungssystems				
Elemente	Aktivität	Passivität	Q-Wert	P-Wert
105	2	0	-	0
109	2	0	-	0
112	1	0	-	0
113	2	0	-	0
115	2	0	-	0
116	1	0	-	0
120	2	0	-	0
121	1	0	-	0
125	2	0	-	0
126	1	0	-	0
130	3	0	-	0
133	1	0	-	0
134	2	0	-	0
136	1	0	-	0
139	1	0	-	0
140	1	0	-	0
143	2	0	-	0
144	1	0	-	0
145	1	0	-	0
146	1	0	-	0
147	1	0	-	0
148	1	0	-	0
149	1	0	-	0
150	2	0	-	0
151	1	0	-	0
152	1	0	-	0
153	2	0	-	0
154	1	0	-	0
155	2	0	-	0
156	1	0	-	0
157	1	0	-	0
158	4	0	-	0
159	4	0	-	0
160	1	0	-	0
161	1	0	-	0
200	1	1	1	1
201	1	1	1	1
203	1	1	1	1
204	1	1	1	1
205	1	1	1	1

206	2	3	0,67	6
207	1	1	1	1
211	1	1	1	1
216	1	1	1	1
218	1	1	1	1
220	1	1	1	1
222	1	1	1	1
223	1	1	1	1
224	1	1	1	1
225	1	2	0,5	2
230	1	1	1	1
232	1	1	1	1
234	1	1	1	1
238	1	4	0,25	4
242	1	1	1	1
251	1	2	0,5	2
256	1	1	1	1
257	1	1	1	1
258	2	1	2	2
259	1	2	0,5	2
260	1	1	1	1
261	1	1	1	1
262	1	1	1	1
263	1	1	1	1
264	1	1	1	1
265	3	2	1,5	6
266	1	1	1	1
267	2	3	0,67	6
268	1	1	1	1
269	1	1	1	1
270	2	1	2	2
271	1	1	1	1
272	1	1	1	1
273	1	1	1	1
274	1	1	1	1
275	1	1	1	1
276	1	1	1	1
277	2	1	2	2
300	0	3	0	0
301	0	6	0	0
302	0	3	0	0
303	0	3	0	0
305	0	7	0	0
306	0	6	0	0
307	0	3	0	0

308	0	5	0	0
309	0	1	0	0
310	0	3	0	0
312	0	6	0	0
314	0	4	0	0

Tabelle 75: Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Trinkwasserversorgungssystems

Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix (A) des Trinkwasserversorgungssystems				
Elemente	Aktivität	Passivität	Q-Wert	P-Wert
105	12,5	0	-	0
109	21	0	-	0
112	6	0	-	0
113	2	0	-	0
115	16,5	0	-	0
116	4	0	-	0
120	5	0	-	0
121	6	0	-	0
125	10	0	-	0
126	4	0	-	0
130	8	0	-	0
133	6	0	-	0
134	9	0	-	0
136	1	0	-	0
139	6	0	-	0
140	4	0	-	0
143	11	0	-	0
144	13	0	-	0
145	9	0	-	0
146	9	0	-	0
147	4	0	-	0
148	1	0	-	0
149	6	0	-	0
150	12	0	-	0
151	5	0	-	0
152	6	0	-	0
153	12	0	-	0
154	4	0	-	0
155	18	0	-	0
156	9	0	-	0
157	4	0	-	0
158	24	0	-	0
159	4,5	0	-	0
160	4	0	-	0
161	4	0	-	0

200	1	1	1	1
201	1	1	1	1
203	6	6	1	36
204	9	9	1	81
205	9	9	1	81
206	17	17	1	289
207	6	6	1	36
211	4	4	1	16
216	10	4	2,5	40
218	1	1	1	1
220	7,5	7,5	1	56,25
222	9	9	1	81
223	4	4	1	16
224	3	3	1	9
225	12,5	12,5	1	156,25
230	4	4	1	16
232	12	12	1	144
234	3	3	1	9
238	19	19	1	361
242	4	4	1	16
251	13	13	1	169
256	1	1	1	1
257	1,5	1,5	1	2,25
258	5	5	1	25
259	18	18	1	324
260	9	9	1	81
261	4	4	1	16
262	1	1	1	1
263	4	4	1	16
264	1	1	1	1
265	13	13	1	169
266	2	2	1	4
267	14	14	1	196
268	1	1	1	1
269	4	4	1	16
270	13	13	1	169
271	6	6	1	36
272	1	1	1	1
273	4	4	1	16
274	9	9	1	81
275	6	6	1	36
276	9	9	1	81
277	5	5	1	25
300	0	14	0	0
301	0	45,5	0	0

302	0	22	0	0
303	0	26	0	0
305	0	28	0	0
306	0	47	0	0
307	0	29,5	0	0
308	0	16	0	0
309	0	1,5	0	0
310	0	5	0	0
312	0	37	0	0
314	0	15	0	0

Tabelle 76: Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens A im Trinkwasserversorgungssystem

Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix (B) des Trinkwasserversorgungssystems				
Elemente	Aktivität	Passivität	Q-Wert	P-Wert
105	18,25	0	-	0
109	5	0	-	0
112	10	0	-	0
113	8	0	-	0
115	11	0	-	0
116	2	0	-	0
120	4	0	-	0
121	10	0	-	0
125	22	0	-	0
126	3	0	-	0
130	29	0	-	0
133	10	0	-	0
134	10	0	-	0
136	10	0	-	0
139	1	0	-	0
140	5	0	-	0
143	5	0	-	0
144	5	0	-	0
145	2	0	-	0
146	2	0	-	0
147	1	0	-	0
148	8	0	-	0
149	6	0	-	0
150	16	0	-	0
151	12	0	-	0
152	2	0	-	0
153	4	0	-	0
154	2	0	-	0
155	4	0	-	0

156	2	0	-	0
157	2	0	-	0
158	15	0	-	0
159	17,5	0	-	0
160	1	0	-	0
161	2	0	-	0
200	10	10	1	100
201	2	2	1	4
203	1	1	1	1
204	1	1	1	1
205	20	20	1	400
206	9	9	1	81
207	1	1	1	1
211	5	5	1	25
216	24	20	1,2	480
218	3	3	1	9
220	12	12	1	144
222	2	2	1	4
223	2	2	1	4
224	5	5	1	25
225	15,25	15,25	1	232,56
230	1	1	1	1
232	4	4	1	16
234	6	6	1	36
238	30	30	1	900
242	2	2	1	4
251	6	6	1	36
256	2	2	1	4
257	7,5	7,5	1	56,25
258	12	12	1	144
259	4	4	1	16
260	2	2	1	4
261	1	1	1	1
262	2	2	1	4
263	2	2	1	4
264	6	6	1	36
265	14	14	1	196
266	2	2	1	4
267	12	12	1	144
268	3	3	1	9
269	1	1	1	1
270	5	5	1	25
271	2	2	1	4
272	8	8	1	64
273	2	2	1	4

274	2	2	1	4
275	10	10	1	100
276	2	2	1	4
277	8	8	1	64
300	0	9	0	0
301	0	62	0	0
302	0	23	0	0
303	0	30	0	0
305	0	22	0	0
306	0	14	0	0
307	0	31,25	0	0
308	0	22	0	0
309	0	7,5	0	0
310	0	11	0	0
312	0	17	0	0
314	0	22	0	0

Tabelle 77: Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens B im Trinkwasserversorgungssystem

H Metriken der Einflussmatrix für das Abwasserbeseitigungssystem

Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Abwasserbeseitigungssystems				
Elemente	Aktivität	Passivität	Q-Wert	P-Wert
100	6	0	-	0
101	1	0	-	0
102	1	0	-	0
103	3	0	-	0
104	2	0	-	0
105	4	0	-	0
106	3	0	-	0
107	1	0	-	0
108	1	0	-	0
109	2	0	-	0
110	1	0	-	0
111	1	0	-	0
112	1	0	-	0
113	2	0	-	0
114	1	0	-	0
115	2	0	-	0
116	1	0	-	0
117	1	0	-	0
118	2	0	-	0
120	2	0	-	0
121	1	0	-	0
122	1	0	-	0
123	1	0	-	0
124	2	0	-	0
125	2	0	-	0
126	1	0	-	0
127	1	0	-	0
128	1	0	-	0
129	1	0	-	0
130	3	0	-	0
131	1	0	-	0
132	1	0	-	0
133	1	0	-	0
134	1	0	-	0
135	1	0	-	0
136	1	0	-	0
137	1	0	-	0
138	1	0	-	0
139	1	0	-	0
140	2	0	-	0

141	1	0	-	0
143	2	0	-	0
200	1	1	1	1
201	1	2	0,5	2
202	2	3	0,67	6
203	1	1	1	1
204	1	1	1	1
205	1	1	1	1
206	1	1	1	1
207	4	1	4	4
208	1	1	1	1
209	1	1	1	1
210	1	1	1	1
211	1	1	1	1
212	1	1	1	1
213	1	1	1	1
214	1	1	1	1
216	1	3	0,33	3
217	1	1	1	1
218	1	1	1	1
219	2	2	1	4
220	2	2	1	4
221	2	1	2	2
222	1	1	1	1
223	1	1	1	1
224	1	1	1	1
225	1	2	0,5	2
226	1	1	1	1
227	1	1	1	1
228	1	1	1	1
229	1	1	1	1
230	1	1	1	1
231	1	1	1	1
232	2	1	2	2
233	1	1	1	1
234	1	1	1	1
235	1	1	1	1
236	1	1	1	1
237	4	2	2	8
238	1	4	0,25	4
239	1	1	1	1
240	1	1	1	1
241	1	1	1	1
242	1	1	1	1
243	1	1	1	1

244	1	1	1	1
245	1	1	1	1
246	1	1	1	1
247	1	1	1	1
248	1	1	1	1
250	1	1	1	1
251	1	1	1	1
252	1	1	1	1
253	1	1	1	1
254	1	1	1	1
255	2	1	2	2
300	0	6	0	0
301	0	10	0	0
302	0	3	0	0
303	0	6	0	0
304	0	2	0	0
305	0	4	0	0
306	0	10	0	0
307	0	3	0	0
308	0	4	0	0
310	0	2	0	0
311	0	1	0	0
312	0	11	0	0
313	0	5	0	0
400	2	1	2	2

Tabelle 78: Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Abwasserbeseitigungssystems

Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix (C) des Abwasserbeseitigungssystems				
Elemente	Aktivität	Passivität	Q-Wert	P-Wert
100	36	0	-	0
101	10	0	-	0
102	4	0	-	0
103	12	0	-	0
104	6	0	-	0
105	52	0	-	0
106	7	0	-	0
107	2	0	-	0
108	4	0	-	0
109	25	0	-	0
110	8	0	-	0
111	3	0	-	0
112	6	0	-	0
113	9,25	0	-	0

114	2	0	-	0
115	10	0	-	0
116	3	0	-	0
117	8	0	-	0
118	10	0	-	0
120	6	0	-	0
121	8	0	-	0
122	4	0	-	0
123	2	0	-	0
124	8	0	-	0
125	8	0	-	0
126	2	0	-	0
127	13,5	0	-	0
128	3	0	-	0
129	6	0	-	0
130	10	0	-	0
131	1	0	-	0
132	3	0	-	0
133	6	0	-	0
134	8	0	-	0
135	6	0	-	0
136	2	0	-	0
137	2	0	-	0
138	2	0	-	0
139	4	0	-	0
140	14	0	-	0
141	7	0	-	0
143	7	0	-	0
200	2	2	1	4
201	8	8	1	64
202	13	13	1	169
203	3	3	1	9
204	9	9	1	81
205	4	4	1	16
206	4	4	1	16
207	13,5	13,5	1	182,25
208	12	12	1	144
209	4	4	1	16
210	3	3	1	9
211	6	6	1	36
212	2	2	1	4
213	2	2	1	4
214	3	3	1	9
216	12	12	1	144

217	8	8	1	64
218	3	3	1	9
219	10	10	1	100
220	30	30	1	900
221	6	6	1	36
222	6	6	1	36
223	3	3	1	9
224	3	3	1	9
225	16	16	1	256
226	2	2	1	4
227	4	4	1	16
228	4	4	1	16
229	6	6	1	36
230	3	3	1	9
231	6	6	1	36
232	18	16	1,13	288
233	3	3	1	9
234	8	8	1	64
235	8	8	1	64
236	2	2	1	4
237	13	12	1,08	156
238	22	22	1	484
239	4	4	1	16
240	4	4	1	16
241	5	5	1	25
242	3	3	1	9
243	3	3	1	9
244	8	8	1	64
245	6	6	1	36
246	4	4	1	16
247	1	1	1	1
248	3	3	1	9
250	5,25	5,25	1	27,56
251	2	2	1	4
252	2	2	1	4
253	6	6	1	36
254	4	4	1	16
255	8	8	1	64
300	0	25	0	0
301	0	73	0	0
302	0	18	0	0
303	0	37	0	0
304	0	3	0	0
305	0	16	0	0

306	0	47	0	0
307	0	23	0	0
308	0	18,25	0	0
310	0	6	0	0
311	0	2	0	0
312	0	60,5	0	0
313	0	26	0	0
400	4	2	2	8

Tabelle 79: Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens C im Abwasserbeseitigungssystem

Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix (D) des Abwasserbeseitigungssystems				
Elemente	Aktivität	Passivität	Q-Wert	P-Wert
100	70	0	-	0
101	6	0	-	0
102	12	0	-	0
103	31	0	-	0
104	6	0	-	0
105	36	0	-	0
106	22	0	-	0
107	1	0	-	0
108	9	0	-	0
109	41	0	-	0
110	4	0	-	0
111	6	0	-	0
112	6	0	-	0
113	15	0	-	0
114	16	0	-	0
115	24	0	-	0
116	3	0	-	0
117	4	0	-	0
118	13	0	-	0
120	12	0	-	0
121	12	0	-	0
122	12	0	-	0
123	20	0	-	0
124	61	0	-	0
125	18	0	-	0
126	15	0	-	0
127	21,75	0	-	0
128	16	0	-	0
129	12	0	-	0
130	24	0	-	0

131	16	0	-	0
132	6	0	-	0
133	8	0	-	0
134	4	0	-	0
135	6	0	-	0
136	4	0	-	0
137	2	0	-	0
138	12	0	-	0
139	8	0	-	0
140	30	0	-	0
141	12	0	-	0
143	8	0	-	0
200	4	4	1	16
201	18	18	1	324
202	24	24	1	576
203	4	4	1	16
204	9	9	1	81
205	9	9	1	81
206	4	4	1	16
207	21,75	21,75	1	473,06
208	6	6	1	36
209	4	4	1	16
210	15	15	1	225
211	6	6	1	36
212	1	1	1	1
213	12	12	1	144
214	6	6	1	36
216	32	32	1	1024
217	4	4	1	16
218	6	6	1	36
219	21	21	1	441
220	36	36	1	1296
221	41	41	1	1681
222	8	8	1	64
223	3	3	1	9
224	4	4	1	16
225	24	24	1	576
226	12	12	1	144
227	8	8	1	64
228	9	9	1	81
229	12	12	1	144
230	6	6	1	36
231	6	6	1	36
232	25	32	0,78	800

233	12	12	1	144
234	4	4	1	16
235	4	4	1	16
236	20	20	1	400
237	24	24	1	576
238	26	26	1	676
239	8	8	1	64
240	4	4	1	16
241	12	12	1	144
242	4	4	1	16
243	16	16	1	256
244	12	12	1	144
245	6	6	1	36
246	12	12	1	144
247	6	6	1	36
248	6	6	1	36
250	9	9	1	81
251	15	15	1	225
252	16	16	1	256
253	4	4	1	16
254	9	9	1	81
255	24	24	1	576
300	0	63	0	0
301	0	128	0	0
302	0	21	0	0
303	0	68	0	0
304	0	7	0	0
305	0	41	0	0
306	0	78	0	0
307	0	51	0	0
308	0	29	0	0
310	0	10	0	0
311	0	12	0	0
312	0	98,75	0	0
313	0	55	0	0
400	12	8	1,5	96

Tabelle 80: Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens D im Abwasserbeseitigungssystem

Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix (E) des Abwasserbeseitigungssystems				
Elemente	Aktivität	Passivität	Q-Wert	P-Wert
100	6	0	-	0
101	1	0	-	0

102	1	0	-	0
103	3	0	-	0
104	2	0	-	0
105	4	0	-	0
106	3	0	-	0
107	1	0	-	0
108	1	0	-	0
109	2	0	-	0
110	1	0	-	0
111	1	0	-	0
112	1	0	-	0
113	2	0	-	0
114	1	0	-	0
115	2	0	-	0
116	1	0	-	0
117	1	0	-	0
118	2	0	-	0
120	2	0	-	0
121	1	0	-	0
122	1	0	-	0
123	1	0	-	0
124	2	0	-	0
125	2	0	-	0
126	1	0	-	0
127	1	0	-	0
128	1	0	-	0
129	1	0	-	0
130	3	0	-	0
131	1	0	-	0
132	1	0	-	0
133	1	0	-	0
134	1	0	-	0
135	1	0	-	0
136	1	0	-	0
137	1	0	-	0
138	1	0	-	0
139	1	0	-	0
140	2	0	-	0
141	1	0	-	0
143	2	0	-	0
200	1	1	1	1
201	1	2	0,5	2
202	2	3	0,67	6
203	1	1	1	1

204	1	1	1	1
205	1	1	1	1
206	1	1	1	1
207	4	1	4	4
208	1	1	1	1
209	1	1	1	1
210	1	1	1	1
211	1	1	1	1
212	1	1	1	1
213	1	1	1	1
214	1	1	1	1
216	1	3	0,33	3
217	1	1	1	1
218	1	1	1	1
219	2	2	1	4
220	2	2	1	4
221	2	1	2	2
222	1	1	1	1
223	1	1	1	1
224	1	1	1	1
225	1	2	0,5	2
226	1	1	1	1
227	1	1	1	1
228	1	1	1	1
229	1	1	1	1
230	1	1	1	1
231	1	1	1	1
232	2	1	2	2
233	1	1	1	1
234	1	1	1	1
235	1	1	1	1
236	1	1	1	1
237	4	2	2	8
238	1	4	0,25	4
239	1	1	1	1
240	1	1	1	1
241	1	1	1	1
242	1	1	1	1
243	1	1	1	1
244	1	1	1	1
245	1	1	1	1
246	1	1	1	1
247	1	1	1	1
248	1	1	1	1

250	1	1	1	1
251	1	1	1	1
252	1	1	1	1
253	1	1	1	1
254	1	1	1	1
255	2	1	2	2
300	0	6	0	0
301	0	10	0	0
302	0	3	0	0
303	0	6	0	0
304	0	2	0	0
305	0	4	0	0
306	0	10	0	0
307	0	3	0	0
308	0	4	0	0
310	0	2	0	0
311	0	1	0	0
312	0	11	0	0
313	0	5	0	0
400	2	1	2	2

Tabelle 81: Ergebnis der Analyse der Einflussmatrix des Unternehmens E im Abwasserbeseitigungssystem

I Aggregierte Risikohöhen im Trinkwasserversorgungssystem

Ranking der Summe von R der Beziehungen einer Ursache im Trinkwasserversorgungssystem (A)		
Laufnr.	Ursache	Summe R
158	Trinkwasserverbrauch -	24
109	demografischer Wandel +	21
155	Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource +	18
115	fehlende integrierte Planung	16,5
144	Düngemiteleininsatz +	13
105	Änderung der Rechtslage	12,5
150	Grundwasserneubildung -	12
153	öffentliche Privatisierungsdebatte +	12
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	11
125	Kapital -	10
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	9
145	Energieerzeugung über fossile Energieträger	9
146	Exfiltration (Eintrag von Abwasser in Wasserressource) +	9
156	Schneesmelze +	9
130	Outsourcing +	8
112	Energiepreise +	6
121	Hochwasserereignisse +	6
133	Rohstoffpreise +	6
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	6
149	Grundwasserentnahme +	6
152	Oberflächenwasserneubildungsrate (Seen, Talsperren) -	6
120	Fortbildung zu wenig/ keine	5
151	Leitungszustand -	5
159	Trinkwasserverbrauch +	4,5
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	4
126	keine Gebührenanpassung	4
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	4
147	fehlendes Diversity Management	4
154	regionale Zulieferer/ Dienstleister -	4
157	Trinkwassertemperatur +	4
160	Überdimensionierung Versorgungsnetz	4
161	Unkenntnis über Stromverbrauch	4
113	Energieverbrauch +	2
136	Siedlungsfläche +	1
148	Fernwasserbezug +	1

Tabelle 82: Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen A im TWVS

Ranking der Summe von R der Beziehungen einer Ursache im Trinkwasserversorgungssystem (B)		
Laufnr.	Ursache	Summe R
115	fehlende integrierte Planung	22
121	Hochwasserereignisse +	20
130	Outsourcing +	19
158	Trinkwasserverbrauch -	19
109	demografischer Wandel +	16,25
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	12
144	Düngemittleinsatz +	12
157	Trinkwassertemperatur +	12
149	Grundwasserentnahme +	10
146	Exfiltration (Eintrag von Abwasser in Wasserressource) +	9
125	Kapital -	8
147	fehlendes Diversity Management	8
154	regionale Zulieferer/ Dienstleister -	8
148	Fernwasserbezug +	7,5
105	Änderung der Rechtslage	7
150	Grundwasserneubildung -	7
159	Trinkwasserverbrauch +	7
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	6
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	6
153	öffentliche Privatisierungsdebatte +	6
133	Rohstoffpreise +	5
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	5
151	Leitungszustand -	5
155	Schad-/ Stoffeintrag in Wasserressource +	5
112	Energiepreise +	4
113	Energieverbrauch +	4
120	Fortbildung zu wenig/ keine	4
136	Siedlungsfläche +	3
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	2
145	Energieerzeugung über fossile Energieträger	2
160	Überdimensionierung Versorgungsnetz	2
126	keine Gebührenanpassung	1
152	Oberflächenwasserneubildungsrate (Seen, Talsperren) -	1
156	Schneeschnmelze +	1
161	Unkenntnis über Stromverbrauch	1

Tabelle 83: Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen B im TWVS

J Aggregierte Risikohöhen im Abwasserbeseitigungssystem

Ranking der Summe von R der Beziehungen einer Ursache im Abwasserbeseitigungssystem (C)		
Laufnr.	Ursache	Summe R
105	Änderung der Rechtslage	52
100	Ablagerungen im Kanal +	36
109	demografischer Wandel +	25
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	14
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	13,5
103	Abwassermenge -	12
101	Abwasserabgabe +	10
115	fehlende integrierte Planung	10
118	fehlendes Wissensmanagement	10
130	Outsourcing +	10
113	Energieverbrauch +	9,25
110	Einflussnahme des Kommunal-/ Rates	8
117	fehlende Kompetenzen "Innovation & Recht"	8
121	Hochwasserereignisse +	8
124	Kanalsanierung -	8
125	Kapital -	8
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	8
106	Anschlussgrad -	7
141	Verfügbarkeit Fachkräfte -	7
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	7
104	Abwassertemperatur im Winter -	6
112	Energiepreise +	6
120	Fortbildung zu wenig/ keine	6
129	Niederschlagswasser im Kanal +	6
133	Rohstoffpreise +	6
135	Rohstoffverbrauch +	6
102	Abwasserdurchfluss -	4
108	biogene Schwefelsäure-Korrosion	4
122	Kanalkapazitäten -	4
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	4
111	Einsatz NASS +	3
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	3
128	Mitarbeiterzahl -	3
132	Rekommunalisierung	3
107	Baukostenzuschüsse +	2
114	Erneuerungsrate < 1	2
123	Kanalnetz Anteil ZK 0 und 1 +	2
126	keine Gebührenanpassung	2

136	Siedlungsfläche +	2
137	Überdimensionierung Kanalnetz	2
138	Überflutung von Grundstücken +	2
400	Unternehmensgröße -	2
131	rechtlich geforderte Neuinvestitionen +	1

Tabelle 84: Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen C im AWBS

Ranking der Summe von R der Beziehungen einer Ursache im Abwassersystem (D)		
Laufnr.	Auswirkung	Risiko R
100	Ablagerungen im Kanal +	70
124	Kanalsanierung -	61
109	demografischer Wandel +	41
105	Änderung der Rechtslage	36
103	Abwassermenge -	31
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	30
115	fehlende integrierte Planung	24
130	Outsourcing +	24
106	Anschlussgrad -	22
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	21,75
123	Kanalnetz Anteil ZK 0 und 1 +	20
125	Kapital -	18
114	Erneuerungsrate < 1	16
128	Mitarbeiterzahl -	16
131	rechtlich geforderte Neuinvestitionen +	16
113	Energieverbrauch +	15
126	keine Gebührenanpassung	15
118	fehlendes Wissensmanagement	13
102	Abwasserdurchfluss -	12
120	Fortbildung zu wenig/ keine	12
121	Hochwasserereignisse +	12
122	Kanalkapazitäten -	12
129	Niederschlagswasser im Kanal +	12
138	Überflutung von Grundstücken +	12
141	Verfügbarkeit Fachkräfte -	12
108	biogene Schwefelsäure-Korrosion	9
133	Rohstoffpreise +	8
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	8
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	8
101	Abwasserabgabe +	6
104	Abwassertemperatur im Winter -	6
111	Einsatz NASS +	6
112	Energiepreise +	6
132	Rekommunalisierung	6

135 Rohstoffverbrauch +	6
110 Einflussnahme des Kommunal-/ Rates	4
117 fehlende Kompetenzen "Innovation & Recht"	4
134 Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	4
136 Siedlungsfläche +	4
400 Unternehmensgröße -	4
116 fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	3
137 Überdimensionierung Kanalnetz	2
107 Baukostenzuschüsse +	1

Tabelle 85: Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen D im AWBS

Ranking der Summe von R der Beziehungen einer Ursache im Abwassersystem (E)		
Laufnr.	Ursache	Risiko R
105	Änderung der Rechtslage	49
100	Ablagerungen im Kanal +	23
124	Kanalsanierung -	16
127	Missachten der Rechtsvorschriften zum Arbeitsschutz & der aRT	16
140	unzureichende strategische Planung bzgl. sich ändernder Rechtslage	16
101	Abwasserabgabe +	12
112	Energiepreise +	12
103	Abwassermenge -	11
109	demografischer Wandel +	10
116	fehlende Kommunikation mit Stakeholdern bei Planungsaktivitäten	9
134	Rohstoffverbrauch (mit Intensivierung der Reinigungsleistung oder Einführung neuer Reinigungsverfahren) +	9
135	Rohstoffverbrauch +	9
106	Anschlussgrad -	8
113	Energieverbrauch +	8
115	fehlende integrierte Planung	8
125	Kapital -	8
120	Fortbildung zu wenig/ keine	7
104	Abwassertemperatur im Winter -	6,5
126	keine Gebührenanpassung	6
129	Niederschlagswasser im Kanal +	6
130	Outsourcing +	6
132	Rekommunalisierung	6
133	Rohstoffpreise +	6
400	Unternehmensgröße -	6
118	fehlendes Wissensmanagement	5
107	Baukostenzuschüsse +	4
110	Einflussnahme des Kommunal-/ Rates	4
111	Einsatz NASS +	4
114	Erneuerungsrate < 1	4

117	fehlende Kompetenzen "Innovation & Recht"	4
122	Kanalkapazitäten -	4
123	Kanalnetz Anteil ZK 0 und 1 +	4
131	rechtlich geforderte Neuinvestitionen +	4
138	Überflutung von Grundstücken +	4
143	Zusammenlegung von Kommunen/ kommunalen Einrichtungen	4
128	Mitarbeiterzahl -	3
141	Verfügbarkeit Fachkräfte -	2,5
108	biogene Schwefelsäure-Korrosion	2
121	Hochwasserereignisse +	2
137	Überdimensionierung Kanalnetz	2
139	unzureichende Arbeitssicherheitsmaßnahmen	2
102	Abwasserdurchfluss -	1
136	Siedlungsfläche +	1

Tabelle 86: Ranking der aggregierten Risikohöhen, die von einer Ursache ausgehen für das Unternehmen E im AWBS

Eidesstattliche Erklärung

Masterthesis von:

Herrn William Schreiber Madrid

Erklärung zur Masterthesis gemäß § 22, Abs. 7APB

Hiermit versichere ich, die vorliegende Masterthesis ohne Hilfe Dritter nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die aus den Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Darmstadt, den 03.08.2015

Unterschrift